

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-191992

(43)Date of publication of application : 13.07.1999

(51)Int.Cl.

H02P 6/10

(21)Application number : 09-358571

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 25.12.1997

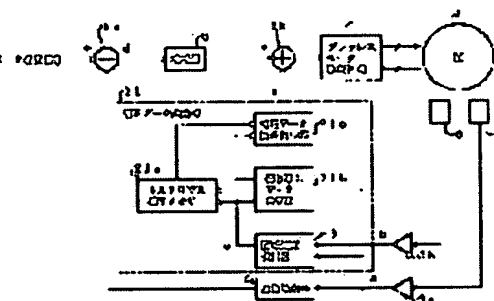
(72)Inventor : NAKATANI MASAJI  
YAMAWAKI CHIAKI

## (54) MOTOR SPEED CONTROL DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve a motor speed control device that can accurately control motor speed, even when the pulse interval of each rotor magnetic pole position pulse signal is not constant due to magnetization accuracy or the like.

**SOLUTION:** A torque ripple correction memory 21a stores a plurality of correction data rows, consisting of each different under of correction data. A repetition data setting part 21b monitors a rotor magnetic pole position pulse signal (b) and rotating angle information (c) regarding the angle of rotation during one rotation of a motor 1, and measures each pulse interval of the rotor magnetic pole position pulse signal (b). Furthermore, the repetition data setting part 21b selects the correction data rows in accordance with a current pulse interval. The correction data for constituting the correction data rows are outputted successively for each information (c) on the rotation angle as a torque ripple correction signal (e). The cycle of the torque ripple correction signal (e) is adjusted according to the fluctuation of the pulse interval, thus positively eliminating the motor torque ripple of the motor 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3411490

[Date of registration]

20.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-191992

(43)公開日 平成11年(1999)7月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H02P 6/10

識別記号

FI

H O 2 P 6/02

3 2 1 G

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 25 頁)

(21)出願番号

特願平9-358571

(22) 出願日

平成9年(1997)12月25日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号

(72) 発明者 中谷 政次

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 山脇 千明

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

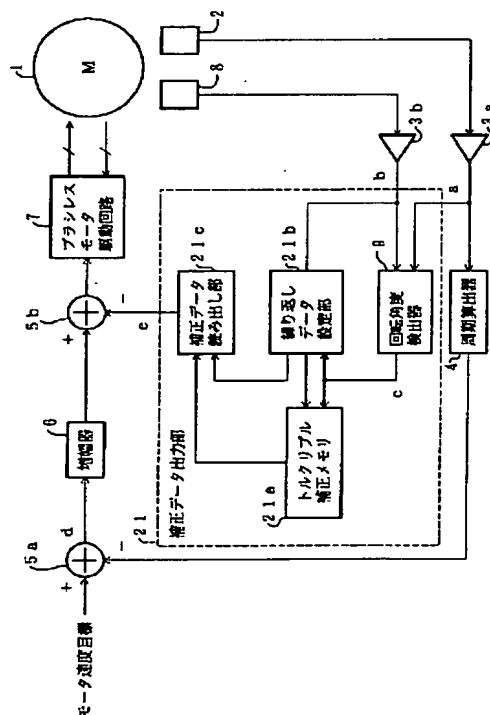
(74)代理人 弁理士 原 謙三

(54) 【発明の名称】 モータ速度制御装置

(57) 【要約】

【課題】 着磁精度などにより、各ロータ磁極位置パルス信号のパルス間隔が一定でない場合であっても、極めて高精度にモータ速度を制御可能なモータ速度制御装置を実現する。

【解決手段】 トルクリプル補正メモリ21aは、互いに異なる数の補正データからなる補正データ列を複数格納している。繰り返しデータ設定部21bは、ロータ磁極位置パルス信号bと回転角度情報cとを、モータ1が1回転する間、監視して、ロータ磁極位置パルス信号bの各パルス間隔を測定する。さらに、繰り返しデータ設定部21bは、現パルス間隔に応じた上記補正データ列を選択する。当該補正データ列を構成する補正データは、トルクリプル補正信号eとして、回転角度情報c毎に順次出力される。トルクリプル補正信号eの周期は、パルス間隔の変動に応じて調整され、モータ1のモータトルクリプルは、確実に除去される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、  
上記モータ 1 回転あたりに、駆動磁極数の整数倍個のパルス信号を有するロータ磁極位置パルス信号と、上記モータ 1 回転あたりに、ロータ磁極位置パルス信号よりも多い数のパルス信号を有する回転パルス信号とに基づいて、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値が変化する回転角度情報を出力する回転角度検出手段と、  
互いに異なる個数の補正データで構成された複数の補正データ列を格納するトルクリプル補正メモリと、  
上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔に基づいて、上記各補正データ列の中から、トルクリプル補正信号として出力する補正データ列を選択する選択手段と、  
選択された上記補正データ列のうち、上記回転角度情報に対応する補正データを読み出す補正データ読み出し手段と、  
上記モータの回転速度を制御するモータ制御信号から、上記トルクリプル補正信号を加減算して、上記モータ制御信号を補正する加減算器とを備えていることを特徴とするモータ速度制御装置。

【請求項 2】多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、  
上記モータ 1 回転あたりに、駆動磁極数の整数倍個のパルス信号を有するロータ磁極位置パルス信号と、上記モータ 1 回転あたりに、ロータ磁極位置パルス信号よりも多い数のパルス信号を有する回転パルス信号とに基づいて、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値が変化する回転角度情報を出力する回転角度検出手段と、  
上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔中に入力される上記回転角度情報の総数と、与えられた回転角度情報とに基づいて、当該回転角度情報に対応するトルクリプル補正信号の大きさを演算する補正データ演算手段と、  
上記モータの回転速度を制御するモータ制御信号から、上記トルクリプル補正信号を加減算して、上記モータ制御信号を補正する加減算器とを備えていることを特徴とするモータ速度制御装置。

【請求項 3】多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、  
上記モータ 1 回転あたりに、駆動磁極数の整数倍個のパルス信号を有するロータ磁極位置パルス信号と、上記モータ 1 回転あたりに、ロータ磁極位置パルス信号よりも多い数のパルス信号を有する回転パルス信号とに基づいて、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値が変化する回転角度情報を出力する回転角度検出手段と、  
当該回転角度情報に基づいて、トルクリプル補正信号を

生成するトルクリプル補正信号生成手段と、  
上記モータの回転速度を制御するモータ制御信号から、上記トルクリプル補正信号を加減算して、上記モータ制御信号を補正する加減算器と、  
上記トルクリプル補正信号の位相を進ませて、上記モータのトルクリプルと上記トルクリプル補正信号との位相差を補償する位相補償手段とを備えていることを特徴とするモータ速度制御装置。

【請求項 4】上記位相補償手段は、上記ロータ磁極位置パルス信号のパルスが入力されてから、上記回転パルス信号のパルスが入力されるまでの位相差を検出する位相差検出手段を備えていることを特徴とする請求項 3 記載のモータ速度制御装置。

【請求項 5】上記位相補償手段は、上記回転パルス信号のパルス間隔の 0.5 倍の位相を算出する位相遅れ演算手段を備えていることを特徴とする請求項 3 または 4 記載のモータ速度制御装置。

【請求項 6】上記ロータ磁極位置パルス信号は、上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号のうちの 1 つから求められることを特徴とする請求項 1、2、3、4 または 5 記載のモータ速度制御装置。

【請求項 7】上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号を合成して、上記ロータ磁極位置パルス信号を生成する合成器を備えていることを特徴とする請求項 1、2、3、4 または 5 記載のモータ速度制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多相ブラシレスモータのモータ回転速度を一定に制御する装置に関し、更に詳しくは、モータのトルク変動、すなわち、モータトルクリプルによるモータ回転の不安定を補正除去して、モータを高精度に制御する装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、例えば、ビデオテープレコーダ（VTR）をはじめとする磁気記録再生装置で使用されるキャブスタンモータ、あるいは、ドラムモータなどのモータは、記録密度を向上させるため、モータ速度を極めて高精度に制御する必要がある。

【0003】図 29 に示すように、従来のモータ速度制御装置において、多相ブラシレスモータ 101（以下では、モータ 101 と略称する）が回転すると、MR センサなどの回転検出センサ 102 は、例えば、モータ回転部に着磁された磁気パターンを検出し、波形整形回路 103 が回転検出センサ 102 の出力をパルス波形へ整形する。これにより、モータ 101 の回転数に比例したパルス数の回転パルス信号 a が生成される。さらに、周期算出器 104 は、当該回転パルス信号 a の周期情報を出力し、加算器 105 は、指定されたモータ速度目標か

ら、モータ 101 の回転情報である周期情報を減算して、速度誤差信号 d を作成する。当該速度誤差信号 d は、増幅器 106 にて、増幅および位相補償され、速度指令値へ変換され、ブラシレスモータ駆動回路 107 へ印加される。ブラシレスモータ駆動回路 107 は、ロータ位置を検出する図示しないホール素子などのセンサからの信号によって各コイルへの通電を切り換え、速度指令値に従ってモータ 101 を駆動する。当該構成では、モータ 101 の回転速度は、モータの回転情報である周期情報を目標値と比較し、その誤差に基づいて、モータ

【0004】ここで、モータ速度変動の要因の一つとして、モータコイルへの励磁切り換え周期ごとにモータトルクが脈動し、その結果モータ回転速度が変動してしまう、いわゆるモータトルクリプルが挙げられる。このモータトルクリプルは、上記構成のモータ速度制御装置では、十分に除去することができず、高精度なモータ制御が困難である。

【0005】したがって、上記モータトルクリプルを除去するために、例えば、特許第 2504727 号や、本出願人が先に出願した特開平 6-54571 号公報などでは、多相ブラシレスモータ 101 が 1 回転する間のモータトルクリプルに基づいて、正弦波や余弦波からなるトルクリプル補正信号を作成しておき、当該トルクリプル補正信号に応じて、上記速度指令値や速度誤差信号などを調整することにより、モータトルクリプルを相殺する構成が開示されている。

【0006】例えば、特開平 6-54571 号公報に記載のモータ速度制御装置において、新たに設けられた位置検出センサは、モータ 101 が、ある回転角度（基準位置）に達した時点を検出し、この検出結果に基づいて、モータ 1 回転におけるモータ 101 の回転角度情報が検出される。予め作成されたトルクリプル補正信号は、当該回転角度情報に応じて再生され、速度指令値や速度誤差信号などに加算される。当該構成では、トルクリプル補正信号を加算してモータトルクリプルを打ち消しているため、トルクリプル補正信号を作成する際、モータトルクリプルの振幅および位相と一致するように作成しておけば、モータトルクリプルを完全に除去でき、極めて効果が大きい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記構成のモータ速度制御装置では、専用の位置検出センサが必要になると共に、各モータ毎に、モータトルクリプルの位置情報（位相や振幅）を測定する作業が必要になり、手間がかかるという問題を有している。

【0008】具体的には、上記回転角度情報は、モータ 101 の全周に渡って互いに異なる値に設定されるため、専用の位置検出センサが必要になる。さらに、上記

位置検出センサの基準位置とモータトルクリプルとの位相差は、各モータ 101 毎に異なっているため、各モータ 101 毎に、モータトルクリプルの位置情報を測定し、測定結果に基づいて、トルクリプル補正信号を作成する必要がある。この結果、トルクリプル補正信号を作成する際に手間がかかる。加えて、各回転角度情報における補正データの集まりとして、トルクリプル補正信号を記憶した場合、必要なメモリ容量が多くなってしま

【0009】本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、トルクリプル補正信号の作成時の手間をでき、かつ、高精度にモータ速度を制御可能なモータ速度制御装置を実現することにある。特に、安価なモータや小型なモータであっても、極めて高精度にモータ速度を制御可能なモータ速度制御装置を実現することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の発明に係るモータ速度制御装置は、多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、上記課題を解決するために、以下の手段を講じたことを特徴としている。すなわち、上記モータ 1 回転あたりに、駆動磁極数の整数倍個のパルス信号を有するロータ磁極位置パルス信号と、上記モータ 1 回転あたりに、ロータ磁極位置パルス信号よりも多い数のパルス信号を有する回転パルス信号とに基づいて、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値が変化する回転角度情報を出力する回転角度検出手段と、互いに異なる個数の補正データで構成された複数の補正データ列を格納するトルクリプル補正メモリと、上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔に基づいて、上記各補正データ列の中から、トルクリプル補正信号として出力する補正データ列を選択する選択手段と、選択された上記補正データ列のうち、上記回転角度情報に対応する補正データを読み出す補正データ読み出し手段と、上記モータの回転速度を制御するモータ制御信号から、上記トルクリプル補正信号を加減算して、上記モータ制御信号を補正する加減算器とを備えている。

【0011】なお、上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔は、例えば、モータが 1 回転する間に印加されるロータ磁極位置パルス信号の各パルス間隔を、予め格納しておき、格納された値を参照することによって判断できる。

【0012】上記構成において、モータの回転に伴って、ロータ磁極位置パルス信号および回転パルス信号が入力されると、回転角度検出手段は、両パルス信号に基づいて、回転角度情報を生成する。また、選択手段は、ロータ磁極位置パルス信号のパルス入力毎に、例えば、現パルス間隔中に与えられる回転角度情報の総数と同じ数など、現パルス間隔に応じた個数の補正データからな

る補正データ列を選択する。補正データ読み出し手段は、選択された補正データ列から、入力された回転角度情報に応じた補正データを読み出し、トルクリブル補正信号として加減算器へ出力する。ここで、加減算器は、加減算によってモータ制御信号を補正しているので、例えば、乗算など、他の演算によって補正する場合と異なり、モータ制御信号から、モータのトルクリブル成分のみを確実に補正、除去できる。

【0013】上記構成によれば、上記回転角度情報は、ロータ磁極位置パルス信号に同期しているので、モータコイルへの励磁切り換えに同期して発生するモータトルクリブルと同期する。この結果、補正データ読み出し手段は、モータトルクリブルに同期したトルクリブル補正信号を出力できる。また、モータトルクリブルの周波数成分および振幅は、同じ構造のモータであれば、モータ個々で大きく変動しないので、これらのモータ間で、補正データ列を共用できる。したがって、モータの回転位置基準に対するモータトルクリブルの位相ずれを調整するための手段を設けたり、個々のモータ毎に補正データ列を用意したりする必要のある従来技術に比べて、モータトルクリブルに起因するモータ回転速度の変動を確実に補正、除去可能なモータ速度制御装置を容易に提供できる。

【0014】加えて、上記選択手段は、ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔に応じて、補正データ列を選択している。したがって、例えば、安価なモータを制御する場合のように、ロータ磁極位置パルス信号のパルス間隔にバラツキが存在する場合であっても、それぞれのパルス間隔に応じて、トルクリブル補正信号の周期を調整できる。この結果、トルクリブル補正メモリに単一の補正データ列を格納する場合にくらべて、さらに高精度かつ安定してモータ速度を制御できる。

【0015】なお、例えば、モータ速度誤差情報や、実際のモータトルクなど、モータトルクリブルに応じて変動するモータ情報に基づいて、トルクリブル補正信号の振幅を調整すれば、さらに高精度にモータ速度を制御できる。

【0016】また、請求項2の発明に係るモータ速度制御装置は、多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、上記課題を解決するために、請求項1記載のトルクリブル補正メモリ、選択手段および補正データ読み出し手段に代えて、上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔中に入力される上記回転角度情報の総数と、与えられた回転角度情報とに基づいて、当該回転角度情報に対応するトルクリブル補正信号の大きさを演算する補正データ演算手段とを備えていることを特徴としている。

【0017】上記構成では、回転角度情報が入力される毎に、補正データ演算手段は、トルクリブル補正信号の大きさを更新する。ここで、トルクリブル補正信号の大

きを算出する際、トルクリブル補正信号の周期は、ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔中に入力される上記回転角度情報の総数に応じて調整される。したがって、請求項1の発明に係るモータ速度制御装置と同様に、ロータ磁極位置パルス信号のパルス間隔にバラツキが存在する場合であっても、安定して高精度にモータ速度を制御可能なモータ速度制御装置を実現できる。

【0018】ところで、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値が変化する回転角度情報に基づいて、トルクリブル補正信号の大きさが更新される場合、トルクリブル補正信号の位相は、少なくとも、ロータ磁極位置パルス信号のパルスが入力されてから回転パルス信号の次のパルスが入力されるまでの位相差だけ、実際のモータトルクリブルの位相から遅れてしまう。また、トルクリブル補正信号の大きさは、回転角度情報が変化しない間、一定に保たれるので、データの零次ホールド遅れによって、トルクリブル補正信号の位相は、実際のモータトルクリブルの位相からさらに遅延する。ここで、両者の位相が一致していないと、上記加減算器は、モータトルクリブルを完全に相殺できないので、これらの位相遅れが大きくなるに従って、モータトルクリブルの補正効果が低減する。

【0019】これらの位相遅れは、回転パルス信号のパルス間隔が長くなる程、大きくなるので、多数の回転パルスパターン形成が困難な小型のモータなどでは、位相遅れに起因するモータトルクリブルの補正効果の低下が無視できなくなる場合がある。

【0020】これに対して、請求項3の発明に係るモータ速度制御装置は、多相ブラシレスモータの回転速度を制御するモータ速度制御装置であって、上記課題を解決するために、請求項1記載のトルクリブル補正メモリ、選択手段および補正データ読み出し手段に代えて、上記回転角度情報に基づいて、トルクリブル補正信号を生成するトルクリブル補正信号生成手段と、上記トルクリブル補正信号の位相を進ませて、上記モータのトルクリブルと上記トルクリブル補正信号との位相差を補償する位相補償手段とを備えていることを特徴としている。

【0021】上記構成によれば、請求項1と同様に、モータの回転位置基準に対するモータトルクリブルの位相ずれを調整するための手段を省略でき、個々のモータ毎に補正データ列を用意する手間を省くことができる。この結果、モータトルクリブルに起因するモータ回転速度の変動を確実に補正、除去可能なモータ速度制御装置を容易に提供できる。

【0022】さらに、請求項3記載の発明の構成では、位相補償手段が、トルクリブル補正信号の位相を進めるので、トルクリブル補正信号と実際のモータトルクリブルとの間の位相差が低減されるので、モータ速度制御装置は、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御でき

る。

【0023】なお、位相補償手段が位相を進める量は、例えば、予め定められた一定量でもよいが、例えば、安価なモータを使用した場合のように、パルス間の位相差に起因する位相遅れや、零次ホールド遅れに起因する位相遅れにバラツキがある場合には、十分に上記位相遅れを削減できない。

【0024】これに対して、請求項4の発明に係るモータ速度制御装置は、請求項3記載の発明の構成において、上記位相補償手段は、上記ロータ磁極位置パルス信号のパルスが入力されてから、上記回転パルス信号のパルスが入力されるまでの位相差を検出する位相差検出手段を備えていることを特徴としている。

【0025】上記構成によれば、位相差検出手段が、上記両パルス間の位相差に起因する位相遅れを検出するので、例えば、安価なモータや小型のモータを制御する場合のように、パルス間の位相差にバラツキがある場合であっても、当該位相差に起因する位相遅れを確実に補償できる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できる。

【0026】一方、請求項5の発明に係るモータ速度制御装置は、請求項3または4記載の発明の構成において、上記位相補償手段は、上記回転パルス信号のパルス間隔の0.5倍の位相を算出する位相遅れ演算手段を備えていることを特徴としている。

【0027】上記構成によれば、上記位相補償手段は、上記回転パルス信号のパルス間隔の0.5倍の位相を算出するので、例えば、安価なモータや小型のモータを制御する場合のように、零次ホールド遅れに起因する位相遅れにバラツキがある場合であっても、当該位相遅れを確実に補償できる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できる。

【0028】ところで、上記ロータ磁極位置パルス信号は、例えば、駆動磁極位置を検出するセンサなどによって生成してもよいが、この場合は、センサを別に設ける必要がある。

【0029】これに対して、請求項6の発明に係るモータ速度制御装置は、請求項1、2、3、4または5記載の発明の構成において、上記ロータ磁極位置パルス信号は、上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号のうちの1つから求められることを特徴としている。なお、励磁切り換えタイミング検出信号の波形が十分に整形されていなければ、励磁切り換えタイミング検出信号を波形整形すればよいし、十分に整形されていれば、そのままロータ磁極位置パルス信号として使用できる。

【0030】上記構成によれば、多相ブラシレスモータを駆動する際に必要な励磁切り換えタイミング検出信号を用いて、ロータ磁極位置パルス信号を生成できる。し

たがって、ロータ磁極位置パルス信号の生成用に新たなセンサを設ける必要がなくなり、モータ速度制御装置の回路部品を削減できる。

【0031】また、請求項7の発明に係るモータ速度制御装置は、請求項1、2、3、4または5記載の発明の構成において、上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号を合成して、上記ロータ磁極位置パルス信号を生成する合成器を備えていることを特徴としている。

【0032】ところで、モータトルクリプルは、モータの1回転あたり、ロータ磁極数とモータコイル数の最小公倍数回だけ発生する成分が、大きな振幅を持っていることが多い。ここで、上記構成によれば、各励磁切り換えタイミング検出信号を合成することによって、当該成分に同期し、かつ、同一周期のロータ磁極位置パルス信号を生成できる。この結果、互いに周期が異なる場合に比べて容易に、当該成分を除去可能なトルクリプル補正信号を生成でき、モータ速度制御装置は、さらに高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できる。

【0033】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕本発明の一実施形態について図1ないし図10に基づいて説明すると以下の通りである。すなわち、本実施形態に係るモータ速度制御装置は、図1に示すように、多相ブラシレスモータ1（以下では、モータ1と略称する）を高精度に制御するモータ速度制御装置であって、例えば、ビデオテープレコーダ（VTR）をはじめとする磁気記録再生装置のキャブスタンモータ、あるいは、ドラムモータなどを制御するために使用されている。

【0034】上記モータ速度制御装置は、モータ1の回転を検出する回転検出センサ2と、当該回転検出センサ2の出力波形を整形して、回転数に比例したパルス数を有する回転パルス信号aを生成する波形整形回路3と、当該回転パルス信号aのパルス周期に基づいて、モータの回転速度を示すモータ速度情報を算出する周期算出器4と、外部から指示されたモータ速度目標から当該モータ速度情報を減算する加算器5aと、当該加算器5aが出力する速度誤差信号dを増幅および位相補償する増幅器6と、当該増幅器6が出力するモータ制御信号に基づいて、上記モータ1を駆動するブラシレスモータ駆動回路7とを備えており、これらの各回路1ないし7によって、モータ1の回転速度は、フィードバック制御されている。なお、増幅器6は、速度誤差信号を積算する積分補償も同時に行う、いわゆる速度／積分制御（PI制御）の構成でもよいし、他の構成であっても構わない。

【0035】上記モータ1は、例えば、図2に示すモータステータ駆動コイルパターンおよびモータロータ駆動磁極パターンを備えた6コイル8極の3相対向型ブラシレスモータであって、3相各コイルへの励磁切り換えおよび駆動電流によって、回転あるいはトルクがコント

ロールされる。

【0036】また、上記回転検出センサ2は、例えば、図示しないモータ回転部に着磁された磁気パターンを検出するMRセンサなどであって、モータ1の回転を示す回転情報を、回転数に比例した周波数情報として検出できる。上記波形整形回路3aは、アンプやコンパレータで構成されており、上記周波数をパルス信号へと整形する。これにより、モータ1の1回転あたりにm個のパルス数を持つ回転パルス信号aが生成される。この個数mは、後述するロータ磁極位置パルス信号bのパルス数n

【0037】さらに、上記ブラシレスモータ駆動回路7は、多相ブラシレスモータ1の各コイルへの励磁を切り換えると共に、入力値に応じて駆動電流の大きさを制御し、これにより、多相ブラシレスモータ1が回転し、モータトルクが発生する。ここで、通常、励磁切り換えタイミングは、モータ1のロータ磁極位置に同期している必要があるが、本実施形態に係るブラシレスモータ駆動回路7は、図示しないホール素子などのセンサからの信号によってロータの位置を検出し、ロータ磁極位置に同期したタイミングで、各コイルへの通電を切り換えている。

【0038】一方、本実施形態に係るモータ速度制御装置には、モータトルクリプルを除去するために、モータ1のロータの駆動磁極位置を検出する位置検出センサ8と、当該位置検出センサ8の出力信号を波形整形する波形整形回路3bと、当該波形整形回路3bが出力するロータ磁極位置パルス信号bおよび上記回転パルス信号aに基づいて、トルクリプル補正信号eを生成する補正データ出力部21と、上記増幅器6が出力するモータ制御信号から当該トルクリプル補正信号eを減算して、ブラシレスモータ駆動回路7へ印加する加算器（加減算器）5bとが設けられている。したがって、トルクリプル補正信号eがモータ1のトルクリプルを補正可能な周期、位相および振幅を有していれば、モータ1のトルクリプルを完全に除去できる。

【0039】上記位置検出センサ8は、例えば、MRセンサやホールセンサなど位置センサであって、モータ1のロータの駆動磁極位置を検出できる。さらに、上記波形整形回路3bは、上記波形整形回路3aと同様の構成であり、当該駆動磁極位置に同期したロータ磁極位置パルス信号bを生成できる。当該ロータ磁極位置パルス信号bにおいて、モータ1の1回転あたりのパルス数mは、1より大きく、モータ1の駆動磁極数の整数倍に設定される。

【0040】ここで、本発明の発明者は、先に出願した特願平8-345652号において、モータトルクリプルの主成分が、モータコイルの励磁切り換え周期の整数倍であり、モータコイルの励磁切り換えに同期して発生

することに着目し、上記ロータ磁極位置パルス信号bを基準にして、トルクリプル補正信号eを生成する構成を開示している。

【0041】具体的には、上記モータトルクリプルは、例えば、モータ励磁切り換え時の励磁電流の不均一さ、ロータ磁極切り換わり点での磁束密度の不均一さから生じるものであり、通常はモータ1回転あたりに、コイル数とロータ磁極数との最小公倍数の変動成分が最も大きく発生し、このほかにロータ磁極数の整数倍の成分が発生する。例えば、駆動コイル数が6、駆動磁極の着磁極数が8極の3相ブラシレスモータでは、モータ1回転あたり24回の速度変動成分が大きく発生してしまう。

【0042】したがって、ロータ磁極位置パルス信号bを基準にして、トルクリプル補正信号eを生成すれば、モータ磁極位置に同期して発生するモータトルク変動（モータトルクリプル）に起因する速度変動と、トルクリプル補正信号eとの位相を概ね一致させることができるので、従来のように、例えば、モータ毎に補正データ列を測定するなどの特別な作業を行う必要がなくなる。さらに、トルクリプル補正信号eの周期は、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔を越えないので、モータ1が1回転する間のトルクリプル補正信号eを格納する場合に比べて、メモリ容量を削減できる。また、モータ1の1回転における回転角度を検出する必要がないので、専用の位置検出センサも不要である。

【0043】この結果、上述の特別な作業が必要な従来技術と比較して、極めて効率的かつ効果的にモータの速度変動を除去できる。特に、高価なモータ、あるいは、大きなモータを制御する場合など、回転パルス信号aおよびロータ磁極位置パルス信号bの誤差が少ない場合には、極めて高精度にモータ1の回転速度を制御できる。

【0044】しかしながら、当該構成では、例えば、安価なモータを使用する場合などには、ロータ磁極位置パルス信号bにおける各パルス間隔の誤差によって、トルクリプルの削減効果が低下する虞れがある。すなわち、安価なモータを使用した場合などには、モータ磁極の着磁精度が低いことが多い。したがって、図2に示すモータ駆動磁極パターンのように、各磁極間の角度 $\theta$ 。～ $\theta_{n-1}$ のバラツキが大きくなりがちである。また、着磁の中心位置とロータの中心位置との誤差が大きいことも多い。さらに、このようなモータに適用されるモータ速度制御装置では、ロータ磁極位置センサの検出誤差や、ロータ磁極位置パルス信号bを生成する波形整形回路3bのしきい値レベルの誤差なども大きいことが多い。これらの結果、図3に示すロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔の誤差は、大きくなってしまふ。

【0045】なお、図3において、ロータ磁極位置パルス信号bは、立ち上がり時点と立ち下がり時点との双方でロータ磁極位置の変化を示しているので、パルス間隔は、例えば、 $\theta$ 。で示すように、各エッジ間隔となる。



また、回転パルス信号aは、立ち上がりから次の立ち上がりまでの間隔をパルス間隔としている。ただし、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔の設定方法は、ロータ磁極位置が変化するタイミングを指示可能であれば、上記方法に限定されるものではない。同様に、モータの回転数に比例した数のパルスが入力されるのであれば、回転パルス信号aの印加方法も上記方法に限定されない。

【0046】この結果、ロータ磁極位置パルス信号bのパルスのエッジ毎にリセットされ、所定の時間間隔でカウンタアップする回転角度情報cの最大値も、各パルス毎にバラついてしまう。例えば、着磁が正確であれば、ロータ磁極位置パルス信号bの変動毎に与えられる回転パルス信号aのパルス数が15個であったとしても、上記パルス間隔の誤差によって、あるエッジからエッジまでの期間θにおけるパルス数は、例えば、17個になったりする。

【0047】一方、トルクリプル補正信号eを生成する際、トルクリプル補正信号eを示す補正データ列をトルクリプル補正メモリに格納し、回転角度に応じて、当該補正データ列を構成する補正データが読み出される場合、トルクリプル補正メモリに格納されている補正データの数は、着磁が正確な場合に合わせて15個に設定される。ここで、トルクリプル補正メモリから補正データ列を読み出す場合、読み出したデータの個数が、予め格納されたデータの個数を越えると、通常は、巡回して0番目、1番目のデータが読み出される。

【0048】したがって、トルクリプル補正信号eは、一定の波形を繰り返した信号とはならない。さらに、実際のモータトルクリプルの波形と、トルクリプル補正信号の波形との間で周期が一致しなくなるので、位相が徐々にズレてしまう。これらの結果、実際のモータトルクリプルによる速度変動と、補正データ列との間に誤差が発生し、モータ速度制御装置がモータトルクリプルを効果的に補正できなくなる虞れがある。なお、上記図3では、図を判りやすくするために、モータトルクリプル成分がモータ磁極位置間を1周期とする正弦波の場合を示している。

【0049】これに対して、本実施形態に係る補正データ出力部21は、トルクリプル補正信号eの周期を、回転角度情報cの最大値に応じて調整できるので、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔が変動した場合であっても、モータ1に発生するモータトルクリプルを確実に補正して除去できる。

【0050】具体的には、上記補正データ出力部21は、ロータ磁極位置パルス信号bのパルスが入力された時点を基準にして、回転パルス信号aがパルス入力される毎に増加する回転角度情報cを生成する回転角度検出器（回転角度検出手段）9と、互いに異なる数の補正データからなる複数の補正データ列が予め格納されたトル

クリプル補正メモリ21aと、各ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔毎に、これらの補正データ列のうちから、当該パルス間隔中に印加される回転角度情報cの個数と同じ個数の補正データからなる補正データ列を選択する繰り返しデータ設定部（選択手段）21bと、補正データ列が選択されていない期間、補正データ出力部21の出力を遮断する補正データ読み出し部（補正データ読み出し手段）21cとを備えている。上記構成によれば、補正データ出力部21は、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔同志で、印加される回転角度情報cの個数が変動する場合であっても、それぞれの個数と同じ長さの補正データ列をトルクリプル補正信号eとして出力する。この結果、上述したロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔変動に起因する誤差を削減でき、モータ速度制御装置の補正精度をさらに向上できる。

【0051】具体的には、回転角度検出器9は、図4に示すように、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力待ち受け、パルス入力を検出した場合（立ち上がり、あるいは、立ち下りのエッジが入力された場合）、フラグPGinをオンに設定する（S401）。また、回転角度検出器9は、図5に示すように、回転パルス信号aの立ち上がりエッジが入力されると、カウンタFGcountを1つ増加させる（S501）。なお、カウンタFGcountは、ハードウェアでもソフトウェアでも実現できるが、ここでは、ソフトウェアで実現した場合を例にして説明している。また、フラグPGinをチェックして、ロータ磁極位置パルス信号bのパルスが入力されたか否かを判定する（S502）。フラグPGinがオンであった場合（S502にて、パルス入力ありの場合）、回転角度検出器9は、S503において、カウンタFGcountを0にリセットすると共にS604において、フラグPGinをオフへリセットする。さらに、S605において、回転角度検出器9は、カウンタFGcountに蓄積された値を回転角度情報cとして出力する。上記S502においてフラグPGinがオフであった場合は、そのままS505の処理を行い、カウンタFGcountに蓄積された値を回転角度情報cとして出力する。この結果、回転角度検出器9が出力する回転角度情報cは、回転パルス信号aのパルス入力毎に増加し、かつ、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力毎にリセットされる。

【0052】一方、繰り返しデータ設定部21bは、図6に示す処理を行い、モータが1回転する期間のロータ磁極位置パルス信号bに基づいて、各パルス間隔毎に印加される回転パルス信号aのパルス数、すなわち、回転角度情報cの個数を検出し、検出値を順次記憶する。そして、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔毎に、対応する検出値を、繰り返しデータ列選択信号Mselとして出力する。例えば、モータ1回転中に励磁切り換えがn回行われる場合、ロータ磁極位置パルス信号bの

パルス間隔は、1回転あたり $n$ 個である。したがって、各パルス間隔に印加される回転角度情報 $c$ の個数を示すデータ $l(0)$ 、 $l(1)$ 、…、 $l(n-1)$ がメモリに格納され、繰り返しデータ設定部21bは、パルス間隔毎に、対応する個数データ $l(0)$ 、 $l(1)$ 、…、 $l(n-1)$ を繰り返しデータ列選択信号 $Ms el$ として出力する。

【0053】具体的には、対応するパルス間隔を示すカウンタ $i$ が0にリセットされ、後述するフラグ $C en$ および $S f in$ がオフに初期化された後、S601において、繰り返しデータ設定部21bは、フラグ $S f in$ をチェックして、モータ1回転中の全てのパルス間隔について、対応する個数データが既に検出されたか否かを判定する。当該フラグ $S f in$ がオフのときは、上記各個数データの検出が終了していないと判定して、S602以降の処理を行い、上記各個数データの確定作業を行う。

【0054】当該確定作業では、S602において、メモリ $l(i)$ には、回転角度情報 $c$ に1加算した値が格納される。ここで、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルスが入力された場合、回転角度情報 $c$ は、当該パルスが入力されるまでのパルス間隔における最大値を示している。ただし、回転角度情報 $c$ は、0から始まっているため、回転パルス信号 $a$ のパルス数、すなわち、補正データの個数は、回転角度情報 $c$ に1加算した値となる。したがって、加算結果を格納することによって、1パルス前のパルス間隔に対応する個数データを格納できる。

【0055】さらに、S603では、次のパルス間隔に対応する個数データを確定するために、カウンタ $i$ が1増加され、S604にて、モータが1回転する間に印加されるロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルス数 $n$ と比較される。上記S601ないしS604の工程は、カウンタ $i$ の値が、最大値 $n$ を越えるまで繰り返され、各パルス間隔に対応する個数データ $l(0)$ 、 $l(1)$ 、…、 $l(n-1)$ が順次確定される。モータが1回転して、上記カウンタ $i$ の値が最大値 $n$ より大きくなると、繰り返しデータ設定部21bは、1回転分の個数データが確定されたと判定して、フラグ $S f in$ をオンに設定する(S605)。

【0056】ところで、補正データ読み出し部21cは、図8に示すように、トルクリプル補正が行える状態であるか否かを示すフラグ $C en$ をチェックして、トルクリプル補正メモリ21aから与えられる補正データを、トルクリプル補正信号 $e$ として出力するか否かを判定している(S801)。ここで、トルク個数データの確定中、上記フラグ $C en$ は、初期化された状態のまま、オフに保たれているので、補正データ読み出し部21cは、補正データの出力を遮断し続けている。

【0057】これに対して、図6に示すS605にて、フラグ $S f in$ がオンとなると、上述のS601にて、

モータが1回転経過したと判定され、S606以降の処理が行われる。すなわち、S606において、繰り返しデータ設定部21bは、フラグ $C en$ をオンに設定して、トルクリプル補正が可能な状態であることを指示する。また、S607において、カウンタ $i$ に1加算し、加算結果が最大値 $n$ よりも大きい場合(S608にてYESの場合)には、S609の処理が行われ、カウンタ $i$ の値は0にリセットされる。この結果、カウンタ $i$ の値は、現在のパルス間隔を示す番号になる。さらに、S610では、当該カウンタ $i$ に対応する個数データ $l(i)$ が読み出され、繰り返しデータ列選択信号 $Ms el$ として出力される。

【0058】ここで、上記トルクリプル補正メモリ21aは、例えば、ROM(Read-OnlyMemory)などで構成されており、図9に示すように、補正データの個数が $l_0$ 個、 $l_1$ 個、…、 $l_{k-1}$ 個の補正データ列 $M(l_0)$ 、 $M(l_1)$ 、…、 $M(l_{k-1})$ を格納している。これらの各補正データ列 $M$ は、モータ1のトルクリプルを補正可能な波形を示しており、正弦波や余弦波であることが多い。ただし、各補正データ列 $M$ は、例えば、予測されるトルクリプル成分を合成して生成してもよいし、実際のトルクリプルをサンプリングして生成してもよい。トルクリプル補正信号 $e$ が補正データ列 $M$ として格納されているので、トルクリプル補正信号 $e$ の波形を任意に設定できる。

【0059】上記個数 $l_0$ 、 $l_1$ 、…、 $l_{k-1}$ は、上記各パルス間隔に対応する各個数データ $l(i)$ 全てを含んでいれば、どのように設定してもよいが、通常は、以下のように設定される。すなわち、モータの構造から、基準となる個数を選択し、個数 $l_0$ 、 $l_1$ 、…、 $l_{k-1}$ は、上記基準値を中心に所定の幅を持つように設定される。例えば、上述の構成では、基準値は、 $120/8=15$ に設定される。したがって、個数 $l_0$ 、 $l_1$ 、…、 $l_{k-1}$ は、例えば、12個から18個までのように、15個を中心にした範囲に設定される。

【0060】また、トルクリプル補正メモリ21aは、図7に示すS701において、これらの補正データ列のなかから、現パルス間隔の補正に使用される補正データ列が、繰り返しデータ設定部21bの出力する繰り返しデータ列選択信号 $Ms el$ によって選択され、S702において、トルクリプル補正メモリ21aは、選択された補正データ列のうち、回転角度情報 $c$ に対応する補正データを出力する。

【0061】一方、この状態では、上記フラグ $C en$ がオンになっているので、図8に示すS801の判定がYESとなり、補正データ読み出し部21cは、トルクリプル補正メモリ21aが出力した補正データを、トルクリプル補正信号 $e$ として出力する(S802)。

【0062】この結果、補正データ出力部21は、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルス間隔が変動する場合で

あっても、適切な補正データ列を選択して、トルクリブル補正信号eを出力できる。この結果、図10に示すように、パルス間隔に拘わらず、モータ速度制御装置は、常に正確に補正し続けることができる。

【0063】なお、複数の補正データ列を記憶するため、トルクリブル補正メモリ21aに必要な記憶容量は、単一の補正データ列を記憶する場合に比べれば、大きくなるが、従来のモータ1回転分の補正データ列を記憶する場合に比べれば、十分小さい。

【0064】また、上記の説明では、図7に示すS701およびS702の処理を別々に説明したが、実際には、これらの両ステップは、以下に示すように同時に行われる。すなわち、繰り返しデータ列選択信号Mselと回転角度情報cとの組み合わせで特定される補正データを、トルクリブル補正メモリ21a内の当該組み合わせに応じたアドレスに格納しておく。そして、両信号Msel・cが与えられた場合、両者を組み合わせで生成したアドレスから、補正データが読み出される。これによって、上記両ステップを同時に実行できる。なお、個数データl(i)に代えて、個数データl(i)をデコードした値を格納しておき、上記繰り返しデータ列選択信号Mselとしてデコード値を出力すれば、両信号Msel・cの組み合わせから、対応するアドレスを作成し易くなる。

【0065】〔第2の実施形態〕ところで、上記第1の実施形態では、トルクリブル補正メモリ21aに格納された補正データ列を用いて、トルクリブル補正信号eが生成されているが、トルクリブル補正信号eの生成方法は、これに限らず、以下に示す本発明の第2の実施形態のように、数値演算によって生成してもよい。

\*30

$$e = \sin(2 \times \pi \times c / l(i))$$

となる。上記S1209は、回転角度情報cが与えられる毎に繰り返され、補正データ演算部22aは、トルクリブル補正信号eとして、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力時点における位相が0[rad]で、かつ、各パルス間隔と同一周期の正弦波を出力できる。

【0069】なお、ここでは、説明の便宜上、モータトルクリブルの周期がロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔と一致している場合を例示しているが、実際には、上述したように、モータトルクリブルは、モータ1回転あたりに、コイル数とロータ磁極数との最小公倍数回だけ繰り返す成分が最も大きい。したがって、モータ1回転あたりのコイル数とロータ磁極数との最小公倍数回繰り返すような周期の正弦波あるいは余弦波として、トルクリブル補正信号eを算出する方が効果的である。

【0070】このように、補正データ演算部22aは、予め検出された上記各パルス間隔に対応する個数データに基づいて、トルクリブル補正信号eの周期を調整する。これにより、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔にバラツキがある場合でも、それぞれのパルス間隔

\*【0066】すなわち、本実施形態において、上記補正データ出力部21に代えて設けられた補正データ出力部22は、図11に示すように、上記第1の実施形態と同様の回転角度検出器9と、回転角度情報cとロータ磁極位置パルス信号bとに基づいて、ロータ磁極位置パルス信号bの各パルス間隔に応じた周期を持つトルクリブル補正信号eを生成する補正データ演算部(補正データ演算手段)22aとを備えている。なお、以下では、トルクリブル補正信号eが、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔を1周期とする正弦波の場合を例にして説明する。この場合、トルクリブル補正信号eの周期は、上記各パルス間隔と同一になるように設定される。

【0067】当該補正データ演算部22aは、フラグSfinがオフの場合、すなわち、1回転分の個数データが確定されていない場合、図12に示すS1201～S1205において、図6に示すS601～S605と同様に個数データの確定処理を行い、1回転分の個数データl(0)、l(1)、…、l(n-1)を記憶する。

【0068】1回転分の個数データが確定されると、図6に示すS607～S609と同様に、カウンタiの値が、現在のパルス間隔を示す番号に設定される(S1206～S1208)。さらに、本実施形態に係る補正データ演算部22aは、S1209において、上記回転角度情報cと、カウンタiに対応する個数データl(i)とに基づいて、予め定められた演算手順にて、トルクリブル補正信号eを算出する。ここでは、トルクリブル補正信号eが、上記各パルス間隔と同一周期の正弦波として、トルクリブル補正信号eは、以下の式

(1)に示すように、

$$\dots (1)$$

に応じたトルクリブル補正信号eを生成できる。この結果、上記第1の実施形態と同様、モータ速度制御装置は、図10に示すように、パルス間隔に拘わらず、常に正確に補正し続けることができる。

【0071】なお、本実施形態では、演算によってトルクリブル補正信号eを生成しているので、複数の補正データ列Mを記憶する必要がなくなり、第1の実施形態に比べて、補正データ出力部に要する記憶容量を削減できる。

【0072】〔第3の実施形態〕ところで、上記第1および第2の実施形態では、回転角度情報cは、回転パルス信号aのパルス入力時点で更新される。ここで、図13に示すように、ロータ磁極位置パルス信号bのパルスが入力された時点から回転パルス信号aのパルスが入力される時点までには、通常、θtの時間差がある。したがって、上記回転角度情報cに基づいて生成されるトルクリブル補正信号eは、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力に同期して発生するモータトルクリブルに比べて、θtだけ位相が遅れてしまい、トルクリブルの補

正精度を低下させる要因となる。

【0073】当該位相誤差 $\theta t$ は、回転パルス信号 $a$ のパルス間隔が長くなる程、あるいは、モータ1回転中の回転パルス信号 $a$ のパルス数が小さくなる程、大きくなる。したがって、特に、多数の回転パルスパターンを形成しにくい小型のモータなどで、位相誤差 $\theta t$ に起因する補正精度の低下を無視できなくなる場合がある。

【0074】これに対して、以下に示す本発明の第3の実施形態では、図14ないし図16を参照しながら、上記位相誤差 $\theta t$ を補正可能で、補正の精度をさらに向上できるモータ速度制御装置について説明する。すなわち、図14に示すように、本実施形態に係る補正データ出力部（トルクリプル補正信号生成手段）23には、図1に示す構成に加えて、回転パルス信号 $a$ とロータ磁極位置パルス信号 $b$ との間の位相誤差 $\theta t$ を検出して、トルクリプル補正メモリ21aの出力を補正する補正データ位相差演算部（位相差検出手段；位相補償手段）23aが設けられている。なお、図1に示す構成と同一の機能を有する部材には、同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0075】上記補正データ位相差演算部23aは、両パルス信号の位相誤差 $\theta t$ を検出するために、時間計測用のタイマを備えており、図15に示すように、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルスが入力されると、0からカウントを開始する。当該タイマのカウント周期は、回転パルス信号 $a$ のパルス間隔よりも十分短く設定されて\*

$$\Delta e = \sin [2 \times \pi \times \{c/l(i) + (\theta t / \theta)\}] - \sin [2 \times \pi \times \{c/l(i)\}] \quad \dots (2)$$

となる。さらに、補正データ位相差演算部23aは、上記補正データ誤差 $\Delta e$ を加算して、補正データを補正する。

【0079】上記 $\theta$ は、例えば、上記繰り返しデータ設定部21bから現パルス間隔に対応する個数データ1

(i)を読み出し、上記タイマのカウント幅に対する回転パルス信号 $a$ のパルス間隔の比率と、当該個数データ1(i)とを乗算するなどして算出できる。また、個数データ1(i)と同様、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ の各パルス間隔毎に $\theta$ を測定して記憶してもよい。 $\theta$ を実測した方が、各パルス間隔に対応する $\theta$ をより正確に検出できるので、さらに補正精度を向上できる。なお、 $\theta$ の測定は、例えば、個数データの確定処理時などと同時に実施できるので、 $\theta$ を測定しても、モータ速度制御装置がトルクリプルを補正可能になるまでの時間は変化しない。

【0080】上記ステップS1602およびS1603は、回転パルス信号 $a$ のパルス入力毎に繰り返され、補正データ位相差演算部23aは、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ の現パルス間隔における上記タイマのカウント総数 $\theta$ と、位相誤差 $\theta t$ と、回転角度情報 $c$ とに基づいて、補正データを補正する。これにより、図15に示す

\*おり、上記パルス入力の後、タイマのカウント値は、当該カウント周期にて増加する。

【0076】上記パルス入力の後、回転パルス信号 $a$ の最初のパルスが入力されると、図16のS1601に示すように、当該タイマは、カウント動作を停止する。この結果、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルス入力時点から、回転パルス信号 $a$ のパルス入力時点までの時間差、すなわち、位相誤差 $\theta t$ が、タイマのカウント値として検出される。なお、タイマのカウント値は、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ の次のパルスが入力されるまで保持される。

【0077】さらに、補正データ位相差演算部23aは、S1602にて、トルクリプル補正メモリ21aが出力する補正データを上記位相誤差 $\theta t$ で補正した後、S1603にて、補正データ読み出し部21cへ出力する。

【0078】以下では、補正データ列Mがロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルス間隔を1周期とする正弦波で近似できる場合を例にして、上記S1602での補正処理を、さらに詳細に説明する。すなわち、上記カウント値で示される位相誤差を $\theta t$ 、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ の現パルス間隔における上記タイマのカウント値の総数を $\theta$ とすると、位相誤差[rad]は、 $2 \times \pi \times (\theta t / \theta)$ となる。したがって、補正データ列Mを正弦波で近似すると、位相誤差によって発生する補正データの誤差 $\Delta e$ は、以下の式(2)に示すように、

ように、上記両パルス信号 $a \cdot b$ 間の位相誤差 $\theta t$ に拘わらず、位相誤差補正後のトルクリプル補正信号 $e$ の位相を、モータトルクリプルの位相に合わせることができ、モータ速度制御装置は、さらに高精度にモータの回転速度を制御できる。

【0081】〔第4の実施形態〕ところで、上記第3の実施形態では、トルクリプル補正信号 $e$ は、トルクリプル補正メモリ21aに格納された補正データ列を用いて生成されているが、トルクリプル補正信号 $e$ の生成方法は、これに限るものではない。以下に示す本発明の第4の実施形態のように、上述の第2の実施形態と同様、数値演算によって生成してもよい。

【0082】すなわち、図17に示すように、本実施形態に係る補正データ出力部（トルクリプル補正信号生成手段）24は、図1と同様の回転角度検出器9と、上記位相誤差 $\theta t$ を検出する補正データ位相差演算部（位相差検出手段）24aと、位相誤差 $\theta t$ を補正した後のトルクリプル補正信号 $e$ を算出する補正データ演算部（位相補償手段）24bとを備えている。

【0083】上記補正データ位相差演算部24aは、ロータ磁極位置パルス信号 $b$ のパルスが入力される毎に、図18に示す処理を行い、時間計測用のタイマのカウン

トを開始する。当該タイマのカウンタ周期は、回転パルス信号aのパルス間隔よりも十分短く設定されており、タイマのカウンタ値は、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力時点として、上記カウンタ周期にて増加する。

【0084】上記パルス入力の後、回転パルス信号aの最初のパルスが入力されると、図18のS1801に示すように、当該タイマは、カウンタ動作を停止する。この結果、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力時点から、回転パルス信号aのパルス入力時点までの時間差、すなわち、位相誤差 $\theta t$ が、タイマのカウンタ値として検出される。さらに、補正データ位相差演算部24aは、上記補正データ位相差演算部23aと同様に、現パルス間隔におけるタイマのカウンタ総数 $\theta$ を算出する(S1802)。これらの値 $\theta$ および $\theta t$ は、S1803にて、補正データ演算部24bへ出力される。なお、上記タイマがカウンタ開始および停止を行うのは、ロー\*

$$e = \sin [2 \times \pi \times \{c / l(i) + \theta t / \theta\}] \quad \dots (3)$$

となる。

【0086】この結果、本実施形態に係る補正データ出力部24は、上記両パルス信号a・b間の位相誤差 $\theta t$ に拘わらず、図13に示すように、トルクリプル補正信号eの位相を、モータトルクリプルの位相に合わせて補正して出力できる。したがって、上記第3の実施形態と同様に、精度のよいトルクリプル補正を実現できる。

【0087】なお、上記第3(第4)の実施形態において、上記補正データ位相差演算部23a(24a)は、位相誤差 $\theta t$ を実測しているが、これに限らず、予め定められた一定量を位相誤差 $\theta t$ として使用してもよい。補正データ位相差演算部23a(補正データ演算部24b)が、位相誤差 $\theta t$ によって発生する誤差を打ち消す方向に、大きさが補正されたトルクリプル補正信号eを出力できれば、略同様の効果が得られる。ただし、上記両実施形態に係る補正データ位相差演算部23a(24a)のように、位相誤差 $\theta t$ を実測した方が、より正確に補正データを補正できる。したがって、モータ速度制御装置は、さらに精度よく、モータの回転速度を制御できる。

【0088】〔第5の実施形態〕ところで、上述の第3および第4の実施形態では、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス入力時点と、回転パルス信号aのパルス入力時点との時間差に起因する位相誤差 $\theta t$ を補正可能なモータ速度制御装置について説明した。

【0089】しかしながら、上記補正データ出力部21ないし24は、デジタル的に動作して、回転角度情報cが与えられる毎に、トルクリプル補正信号eの大きさを更新している。したがって、上記位相誤差 $\theta t$ が存在しない場合であっても、図20に示すように、生成されるトルクリプル補正信号eは、トルクリプルに対して、 $\theta$ 1だけ位相が遅れてしまう。

\*タ磁極位置パルス信号bのパルスが入力されてから、その直後の回転パルス信号aのパルスが入力されるまでであり、回転パルス信号aの残余のパルス入力時には、既に検出されたカウンタ値に基づいて、位相誤差 $\theta t$ などが求められる。

【0085】一方、補正データ演算部24bは、図19に示すように、図12と略同様の処理を行い、トルクリプル補正信号eを算出する。ただし、本実施形態に係る補正データ演算部24bは、位相誤差 $\theta t$ を補正しているので、図12に示すS1209に代えて、S1909の処理が行われる。上述したように、トルクリプル補正信号eが、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔と同一周期の正弦波の場合を例にしている。したがって、現パルス間隔に対応する個数データを $l(i)$ とすると、上記S1909にて、回転角度情報cの入力毎に算出されるトルクリプル補正信号eは、以下の式(3)に示すように、

$$e = \sin [2 \times \pi \times \{c / l(i) + \theta t / \theta\}] \quad \dots (3)$$

【0090】具体的には、トルクリプル補正信号eが時間方向に離散的に生成されるため、補正データ出力部21ないし24を伝達関数で表記した場合、データの零次ホールド遅れに起因する遅れ要素が含まれ、上記位相遅れ $\theta l$ が発生する。当該位相遅れ $\theta l$ の大きさは、トルクリプル補正信号eのホールド期間(回転パルス信号aのパルス間隔)の $1/2$ となる。したがって、位相遅れ $\theta l$ は、回転パルス信号aのパルス間隔が長くなる程、あるいは、モータ1回転中の回転パルス信号aのパルス数が小さくなる程、大きくなる。この結果、特に、多数の回転パルスパターンを形成しにくい小型のモータなどで、位相遅れ $\theta l$ に起因する補正精度の低下を無視できなくなる虞れがある。

【0091】これに対して、以下に示す本発明の第5の実施形態では、図20ないし図22を参照しながら、上記位相遅れ $\theta l$ を補正可能で、補正の精度をさらに向上できるモータ速度制御装置について説明する。すなわち、図21に示すように、本実施形態に係る補正データ出力部(トルクリプル補正信号生成手段)25には、図1に示す構成に加えて、回転パルス信号aのパルス間隔から算出した位相遅れ $\theta l$ に基づいて、トルクリプル補正メモリ21aの出力を補正する補正データ位相遅れ演算部(位相遅れ演算手段;位相補償手段)25aが設けられている。なお、図1に示す構成と同一の機能を有する部材には、同一の参照符号を付して説明を省略する。

【0092】上記補正データ位相遅れ演算部25aは、図22に示すように、回転角度情報cが入力され、トルクリプル補正メモリ21aが新たな補正データを出力する毎に、上記位相遅れ $\theta l$ に起因する補正データの誤差 $\Delta e$ を補正データに加算して補正データを補正し(S2201)、補正された補正データを出力する(S2202)。上記位相遅れ $\theta l$ は、回転パルス信号aのパルス

間隔の0.5倍として算出される。

【0093】以下では、上述の第3の実施形態と同様に、補正データ列Mがロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔を1周期とする正弦波で近似できる場合を例にして、上記S2201での補正処理を、さらに詳細に説明\*

$$\theta 1 = 2 \times \pi / \{ 2 \times l(i) \} \quad \dots (4)$$

となり、当該位相遅れ $\theta 1$ に起因する補正データ列の誤差 $\Delta e$ は、以下の式(5)に示すように、

$$\begin{aligned} \Delta e = & \sin \{ 2 \times \pi \times \{ c / l(i) \} + \theta 1 \} \\ & - \sin \{ 2 \times \pi \times \{ c / l(i) \} \} \quad \dots (5) \end{aligned}$$

となる。さらに、補正データ位相遅れ演算部25aは、10★る。

上記補正データ誤差 $\Delta e$ を加算して、補正データを補正する。なお、補正データ誤差 $\Delta e$ は、上記近似式にて算出せずに、上記c、 $l(i)$ および $\theta 1$ の組み合わせに対応する数値をメモリに格納しておき、その数値を読み出してもよい。

【0094】上記ステップS2201およびS2202は、回転パルス信号aのパルス入力毎に繰り返され、補正データ位相遅れ演算部25aは、ロータ磁極位置パルス信号bの現パルス間隔に対応する個数データ $l(i)$ から位相遅れ $\theta 1$ を算出し、当該位相遅れ $\theta 1$ と回転角度情報cとに基づいて、補正データを補正する。これにより、図20に示すように、データの零次ホールド遅れに起因する位相遅れ $\theta 1$ を除去して、位相遅れ補正後のトルクリプル補正信号eの位相を、モータトルクリプルの位相に合わせることができる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに精度よく、モータの回転速度を制御できる。

【0095】〔第6の実施形態〕上記第5の実施形態では、補正データ列Mから、トルクリプル補正信号eを生成する場合を例にして説明したが、以下の第6の実施形態では、上述の第4の実施形態と同様に、演算によってトルクリプル補正信号eを生成する場合について説明す★

$$\theta 1' = 1 / \{ 2 \times l(i) \} \quad \dots (6)$$

$$e = \sin \{ 2 \times \pi \times \{ c / l(i) + \theta 1' \} \} \quad \dots (7)$$

となる。なお、上述の式(6)および(7)では、演算量を削減するため、位相遅れ $\theta 1$ に代えて、位相遅れ $\theta 1$ の $1 / (2 \times \pi)$ 倍の値 $\theta 1'$ を算出している。

【0100】この結果、本実施形態に係る補正データ出力部26は、図20に示すように、データの零次ホールド遅れに起因する位相遅れ $\theta 1$ を除去して、位相遅れ補正後のトルクリプル補正信号eの位相を、モータトルクリプルの位相に合わせることができる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに精度よく、モータの回転速度を制御できる。

【0101】なお、上記第5および第6の実施形態において、補正データ位相遅れ演算部25a(26a)は、ロータ磁極位置パルス信号bの各パルス間隔に対応する個数データ $l(i)$ に基づいて、回転パルス信号aのパルス間隔の $1/2$ にあたる位相遅れ $\theta 1$ を算出しているが、例えば、位相遅れ $\theta 1$ として、予め定められた一定

\*明する。すなわち、ロータ磁極位置パルス信号bの現パルス間隔に対応した個数データを $l(i)$ とすると、位相遅れ $\theta 1$  [rad]は、以下の式(4)に示すように、

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

【0096】すなわち、図23に示すように、本実施形態に係る補正データ出力部(トルクリプル補正信号生成手段)26は、図1と同様の回転角度検出器9と、上記位相遅れ $\theta 1$ を検出する補正データ位相遅れ演算部(位相遅れ演算手段)26aと、位相遅れ $\theta 1$ を補正した後のトルクリプル補正信号eを算出する補正データ演算部(位相補償手段)26bとを備えている。

【0097】上記補正データ位相遅れ演算部26aは、回転パルス信号aのパルスが入力されると、図24に示す処理を行い、位相遅れ $\theta 1$ を算出し(S2401)、当該位相遅れ $\theta 1$ を出力する(S2402)。

【0098】一方、上記補正データ演算部24bは、図25に示すように、図12と略同様の処理を行い、トルクリプル補正信号eを生成する。ただし、本実施形態では、図12に示すS1209に代えて設けられたS2509において、上記位相遅れ $\theta 1$ を補正した後のトルクリプル補正信号eが出力される。

【0099】ここで、上述の各実施形態と同様に、トルクリプル補正信号eが、ロータ磁極位置パルス信号bのパルス間隔と同一周期の正弦波の場合を例にすると、上記S2401およびS2509の演算は、以下の式

(6)および式(7)に示すように、

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

の値を用いてもよい。データの零次ホールド遅れに起因する位相遅れを削減する方向に、トルクリプル補正信号eの位相を進めることができれば、本実施形態と略同様の効果が得られる。ただし、上記両実施形態のように、位相遅れ $\theta 1$ を算出した方が、より正確に、当該モータの位相遅れ $\theta 1$ を検出できる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに精度よく、モータの回転速度を制御できる。

【0102】また、両実施形態では、第1および第2の実施形態の構成に加えて、補正データ位相遅れ演算部25a(26a)などの位相遅れ補正用の部材を設けた場合について説明しているが、これらの部材は、第3および第4の実施形態の構成に追加することもできる。この場合は、位相誤差 $\theta t$ および位相遅れ $\theta 1$ 双方に起因する補正データの誤差を削減できるので、モータ速度制御装置は、さらに精度よく、モータの回転速度を制御でき

る。なお、この場合は、演算量を削減するために、位相誤差  $\theta_t$  および位相遅れ  $\theta_l$  の合計を算出した後、両者の合計に起因する誤差を相殺するように、補正データあるいはトルクリブル補正信号  $e$  を補正する方がよい。

【0103】さらに、上記第1ないし第6の実施形態では、説明の便宜上、トルクリブル補正信号  $e$  自体、あるいは、その近似式として、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  の各パルス間隔と同一の周期を持つ正弦波を例示したが、これに限らず、任意の式を用いることができる。この場合は、所望の式に合わせて、上述の式(1)ないし式(7)を変更すれば、本実施形態と同様の効果が得られる。

【0104】〔第7の実施形態〕ところで、上記第1ないし第6の実施形態では、トルクリブル補正信号  $e$  の振幅を特に調整しない場合を例にして説明したが、これに限るものではない。例えば、以下に示す本発明の第7の実施形態のように、トルクリブル補正信号  $e$  の振幅を、実際のトルクリブルに合わせて調整可能であってもよい。

【0105】すなわち、本実施形態に係るモータ速度制御装置には、図26に示すように、上記第1ないし第6の実施形態のいずれかの構成に加えて、実際のトルクリブルの振幅の大きさを算出するトルクリブル算出器11と、上記補正データ出力部21(22~26)が出力するトルクリブル補正信号  $e$  へ、上記トルクリブル算出器11の指示に応じた係数(振幅情報)を乗算する乗算器12と、トルクリブル算出器11の指示に応じて、乗算器12と加算器5bとの間を導通/遮断するスイッチ13とが設けられている。

【0106】上記構成において、上記トルクリブル算出器11は、モータ1の製造時や、モータ1の回転開始直後などの時点において、モータ1が数回転する間、スイッチ13を遮断させる。さらに、トルクリブル算出器11は、スイッチ13が遮断している期間中、モータトルクを示すモータトルク情報や速度誤差信号  $d$  など、モータトルクリブルに応じて変動するモータ情報を監視し、当該モータ情報の振幅によって、モータ1に実際に発生しているモータトルクリブルの振幅を推定し、モータトルクリブルを除去可能な振幅のトルクリブル補正信号  $e$  を生成するために必要な振幅情報を算出する。

【0107】モータ1が数回転するなどして、十分正確な振幅情報が算出できると、トルクリブル算出器11は、当該振幅情報を乗算器12へ指示すると共に、スイッチ13を導通させる。これにより、加算器5bへ印加されるトルクリブル補正信号  $e$  の振幅は、実際のモータトルクリブルを相殺可能な大きさに自動的に調整される。この結果、モータ速度制御装置は、さらに高精度にモータ1の回転速度を制御できる。

【0108】なお、モータトルクリブルの振幅を推定する方法は、例えば、上記モータ情報の周波数成分のう

ち、トルクリブル補正信号  $e$  の周波数と同一の周波数成分を抽出してもよいし、例えば、トルクリブル補正信号  $e$  の最大あるいは最小振幅時など、トルクリブル補正信号  $e$  の位相が、所定の位相になった時点におけるモータ情報の大きさを複数回、サンプリングし、サンプリング値を積算および平均して算出してもよい。また、モータ1の回転速度を変化させる場合には、それぞれの回転速度に応じて、振幅情報を算出すればよいし、トルクリブル補正信号  $e$  の印加中も、モータトルクリブルを測定し、測定結果に応じて、上記振幅情報を調整してもよい。いずれの方法であっても、モータトルクリブルの振幅を推定できれば、本実施形態と同様の効果が得られる。ただし、速度誤差情報  $d$  には、モータトルクリブルによる速度誤差が直接現れ、かつ、速度誤差情報は、回路を追加することなく検出できる。したがって、モータトルク情報を基づいて、トルクリブル補正信号の振幅を調整する方が好ましい。加えて、積算および平均によって振幅情報を算出した場合は、加算および平均という簡単な演算で振幅情報を算出できるので、トルクリブル振幅算出器の構成あるいは処理を、さらに簡略化できる。

【0109】なお、上記各実施形態では、加算器5bにて、トルクリブル補正信号を減算しているが、トルクリブル補正信号  $e$  の減算は、加算器5aでモータ速度情報とモータ速度目標の減算結果に更に減算するようにしてもよい。トルクリブル補正信号  $e$  の振幅を設定する際、増幅器6の伝達関数も考慮して、実際のモータトルクを相殺可能なように設定すれば、同様の効果が得られる。

【0110】〔第8の実施形態〕ところで、上述の第1ないし第7の各実施形態では、位置検出センサ8を設けて、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  を生成しているが、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  の生成方法は、これに限るものではない。例えば、モータ1のモータコイルに発生する逆起電圧に基づいて、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  を生成すれば、位置検出センサ8を省くことができる。

【0111】同様に、図27に示すように、ブラシレスモータ駆動回路7がモータ1の励磁を切り換える際に使用する励磁切り換えタイミング検出信号を用いれば、位置検出センサ8を設けることなく、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  を生成できる。

【0112】具体的には、多相ブラシレスモータ1の駆動時には、駆動磁極位置を検出し、当該駆動磁極位置と同期したタイミングで、モータコイルの励磁を切り換える必要がある。したがって、ブラシレスモータ駆動回路7は、例えば、図示しないホールセンサなどを用いて生成され、励磁切り換えタイミングに同期した励磁切り換えタイミング検出信号に基づいて、モータコイルの励磁を切り換えている。当該励磁切り換えタイミング検出信号は、モータ相数と同数あるのが普通であるが、本実施形態に係る波形整形回路3bは、励磁切り換えタイミング検出信号のうちの1つを波形整形して、ロータ磁極位

置パルス信号  $b$  を生成する。

【0113】ここで、励磁切り換えタイミング検出信号は、駆動磁極位置に同期しているの、当該信号に基づいて、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  を生成しても、モータ速度制御装置は、何ら支障なく、モータトルクリプルの位相を特定できる。また、当該励磁切り換えタイミング検出信号は、多相ブラシレスモータ 1 を駆動する際に必須の信号であり、位置検出センサ 8 のように、新たなセンサを設けることなく作成される。したがって、モータトルクリプルの補正効果を低減することなく、モータ速度制御装置の回路部品を削減できる。

【0114】また、ブラシレスモータ駆動回路 7 内では、励磁切り換えタイミング検出信号は、パルス波形に整形されていることが多い。したがって、ロータ磁極位置パルス信号  $b$  として、波形整形後の励磁切り換えタイミング検出信号を使用すれば、さらに、波形整形回路 3  $b$  を省略でき、モータ速度制御装置の回路規模をさらに縮小できる。

【0115】さらに好ましくは、図 28 の変形例に示すように、図 27 の構成に加えて、複数の励磁切り換えタイミング検出信号を合成して、波形整形回路 3  $b$  へ印加する合成器 31 を設ける方がよい。

【0116】上述したように、モータトルクリプルは、モータの 1 回転あたり、ロータ磁極数とモータコイル数の最小公倍数回だけ発生する成分が、大きな振幅を持っていることが多い。ここで、上記励磁切り換えタイミング検出信号は、通常、モータの相数と同数設けられている。したがって、上記合成器 31 は、各励磁切り換えタイミング検出信号を合成することによって、モータトルクリプルの上記成分と同一の周期のパルス間隔を持ったロータ磁極位置パルス信号  $b$  を生成できる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに効果的に、モータトルクリプルを除去できる。

【0117】なお、図 28 の構成において、合成器 31 の出力信号の波形が十分に整形されていれば、これらの信号を、そのままロータ磁極位置パルス信号  $b$  として使用できる。この場合は、波形整形回路 3  $b$  を削除でき、モータ速度制御装置の回路部品をさらに削減できる。

【0118】なお、上記各実施形態では、加算器 5  $b$  にて、トルクリプル補正信号を減算しているが、トルクリプル補正信号の減算は、加算器 5  $a$  でモータ速度情報とモータ速度目標の減算結果に更に減算するようにしてもよい。この時には前記正規化定数  $R_c 0$  として増幅器 6 の伝達関数も考慮すれば、同様の効果が得られる。またロータ磁極位置パルス信号  $b$  は、モータ駆動用センサ、モータコイル端子から求めても何ら構わない。

【0119】

【発明の効果】請求項 1 の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、上記ロータ磁極位置パルス信号に同期し、かつ、上記回転パルス信号のパルス入力毎に値

が変化する回転角度情報を出力する回転角度検出手段と、互いに異なる個数の補正データで構成された複数の補正データ列を格納するトルクリプル補正メモリと、上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔に基づいて、上記各補正データ列の中から、トルクリプル補正信号として出力する補正データ列を選択する選択手段と、選択された上記補正データ列のうち、上記回転角度情報に対応する補正データを読み出す補正データ読み出し手段と、上記モータの回転速度を制御するモータ制御信号から、上記トルクリプル補正信号を加減算して、上記モータ制御信号を補正する加減算器とを備えている構成である。

【0120】上記構成では、ロータ磁極位置パルス信号に基づいて、トルクリプル補正信号が生成されるので、モータ毎に、トルクリプル補正信号を算出する際の手間を省き、モータトルクリプルのみを確実に除去できる。さらに、選択手段が補正データ列を選択するので、ロータ磁極位置パルス信号のパルス間隔にバラツキが存在する場合であっても、それぞれのパルス間隔に応じて、トルクリプル補正信号の周期を調整できる。この結果、トルクリプル補正メモリに単一の補正データ列を格納する場合にくらべて、さらに高精度かつ安定してモータ速度を制御できるという効果を奏する。

【0121】請求項 2 の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、請求項 1 記載のトルクリプル補正メモリ、選択手段および補正データ読み出し手段に代えて、上記ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔中に入力される上記回転角度情報の総数と、与えられた回転角度情報とに基づいて、当該回転角度情報に対応するトルクリプル補正信号の大きさを演算する補正データ演算手段とを備えている構成である。

【0122】上記構成では、トルクリプル補正信号の周期は、ロータ磁極位置パルス信号の現パルス間隔中に入力される上記回転角度情報の総数に応じて調整される。したがって、請求項 1 の発明に係るモータ速度制御装置と同様に、ロータ磁極位置パルス信号のパルス間隔にバラツキが存在する場合であっても、安定して高精度にモータ速度を制御可能なモータ速度制御装置を実現できるという効果を奏する。

【0123】請求項 3 の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、トルクリプル補正信号の位相を進ませて、上記モータのトルクリプルと上記トルクリプル補正信号との位相差を補償する位相補償手段を備えている構成である。

【0124】上記構成によれば、位相補償手段が、トルクリプル補正信号の位相を進めるので、トルクリプル補正信号と実際のモータトルクリプルとの間の位相差が低減される。したがって、モータ速度制御装置は、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できるという効果を奏する。



【0125】請求項4の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、請求項3記載の発明の構成において、上記位相補償手段は、上記ロータ磁極位置パルス信号のパルスが入力されてから、上記回転パルス信号のパルスが入力されるまでの位相差を検出する位相差検出手段を備えている構成である。

【0126】上記構成によれば、位相差検出手段が、上記両パルス間の位相差に起因する位相遅れを検出する。したがって、当該位相差に起因する位相遅れを確実に補償でき、さらに、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できるという効果を奏する。

【0127】請求項5の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、請求項3または4記載の発明の構成において、上記位相補償手段は、上記回転パルス信号のパルス間隔の0.5倍の位相を算出する位相遅れ演算手段を備えている構成である。

【0128】上記構成によれば、上記位相補償手段は、上記回転パルス信号のパルス間隔の0.5倍の位相を算出するので、零次ホールド遅れに起因する位相遅れを確実に補償できる。この結果、モータ速度制御装置は、さらに、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できるという効果を奏する。

【0129】請求項6の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、請求項1、2、3、4または5記載の発明の構成において、上記ロータ磁極位置パルス信号は、上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号のうちの1つから求められることを特徴としている。

【0130】上記構成によれば、新たなセンサを設けることなく、ロータ磁極位置パルス信号を生成でき、モータ速度制御装置の回路部品を削減できるという効果を奏する。

【0131】請求項7の発明に係るモータ速度制御装置は、以上のように、請求項1、2、3、4または5記載の発明の構成において、上記モータの駆動に使用される複数の励磁切り換えタイミング検出信号を合成して、上記ロータ磁極位置パルス信号を生成する合成器を備えている構成である。

【0132】上記構成によれば、モータの1回転あたりのパルス数が、ロータ磁極数とモータコイル数との最小公倍数と同一のロータ磁極位置パルス信号を生成できる。この結果、モータトルクリブルの各成分のうち、大きな振幅を持つ成分を確実に除去でき、さらに、高精度かつ安定してモータの回転速度を制御できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示すものであり、モータ速度制御装置の要部構成を示すブロック図である。

【図2】上記モータ速度制御装置が制御する多相ブラシレスモータの駆動コイルパターンおよび駆動磁極パター

ンの一例を示す説明図である。

【図3】本発明の比較例を示すものであり、実際のモータトルクリブルとトルクリブル補正信号との間に、周期および位相の相違が発生した場合を示す波形図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、ロータ磁極位置パルス信号のパルス入力時における回転角度検出器の動作を示すフローチャートである。

【図5】上記モータ速度制御装置において、回転パルス信号のパルス入力時における回転角度検出器の動作を示すフローチャートである。

【図6】上記モータ速度制御装置において、繰り返しデータ設定部の動作を示すフローチャートである。

【図7】上記モータ速度制御装置において、トルクリブル補正メモリの動作を示すフローチャートである。

【図8】上記モータ速度制御装置において、補正データ読み出し部の動作を示すフローチャートである。

【図9】上記モータ速度制御装置において、トルクリブル補正メモリに格納された補正データ列を示す説明図である。

【図10】上記モータ速度制御装置の動作を示す波形図である。

【図11】本発明の第2の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、補正データ出力部を示すブロック図である。

【図12】上記モータ速度制御装置において、補正データ演算部の動作を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第3および第4の実施形態に係るモータ速度制御装置の動作を示す波形図である。

【図14】本発明の第3の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、補正データ出力部を示すブロック図である。

【図15】本発明の第3および第4の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、ロータ磁極位置パルス信号のパルス入力時における補正データ位相差演算部の動作を示すフローチャートである。

【図16】本発明の第3の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、回転パルス信号のパルス入力時における補正データ位相差演算部の動作を示すフローチャートである。

【図17】本発明の第4の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、補正データ出力部を示すブロック図である。

【図18】上記モータ速度制御装置において、回転パルス信号のパルス入力時における補正データ位相差演算部の動作を示すフローチャートである。

【図19】上記モータ速度制御装置において、補正データ演算部の動作を示すフローチャートである。

【図20】本発明の第5および第6の実施形態に係るモータ速度制御装置の動作を示す波形図である。

【図21】本発明の第5の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、補正データ出力部を示すブロック図である。

【図22】上記モータ速度制御装置において、補正データ位相遅れ演算部の動作を示すフローチャートである。

【図23】本発明の第6の実施形態に係るモータ速度制御装置を示すものであり、補正データ出力部を示すブロック図である。

【図24】上記モータ速度制御装置において、補正データ位相遅れ演算部の動作を示すフローチャートである。

【図25】上記モータ速度制御装置において、補正データ演算部の動作を示すフローチャートである。

【図26】本発明の第7の実施形態を示すものであり、モータ速度制御装置の要部構成を示すブロック図である。

【図27】本発明の第8の実施形態を示すものであり、モータ速度制御装置の要部構成を示すブロック図である。

【図28】上記モータ速度制御装置の一変形例を示すものであり、モータ速度制御装置の要部構成を示すブロック図である。

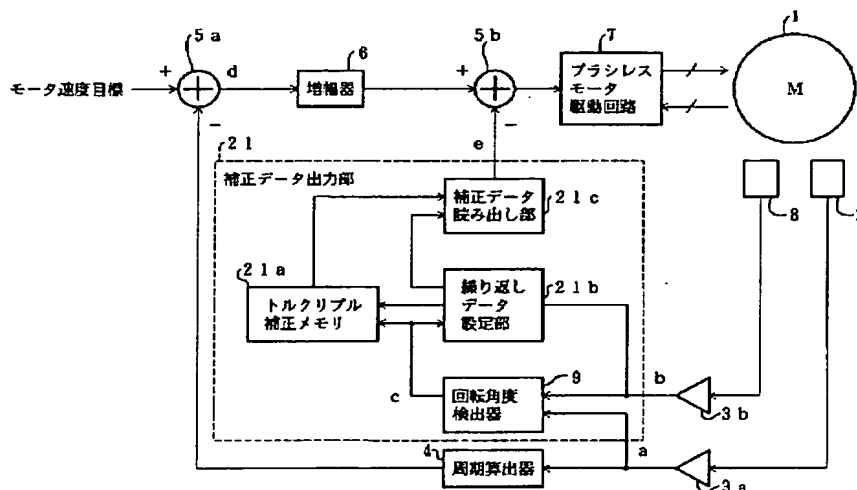
【図29】従来例を示すものであり、モータ速度制御装

置の要部構成を示すブロック図である。

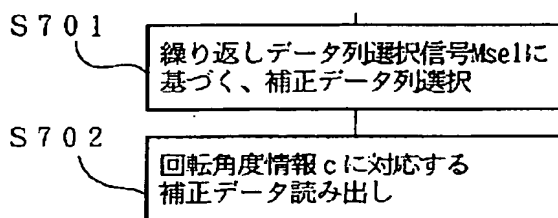
【符号の説明】

- 5 b 加算器（加減算器）
- 9 回転角度検出器（回転角度検出手段）
- 21 a トルクリプル補正メモリ
- 21 b 繰り返しデータ設定部（選択手段）
- 21 c 補正データ読み出し部（補正データ読み出し手段）
- 22 a 補正データ演算部（補正データ演算手段）
- 24～26 補正データ出力部（トルクリプル補正信号生成手段）
- 23 a 補正データ位相差演算部（位相差検出手段；位相補償手段）
- 24 a 補正データ位相差演算部（位相差検出手段）
- 24 b 補正データ演算部（位相補償手段）
- 25 a 補正データ位相差演算部（位相遅れ検出手段；位相補償手段）
- 26 a 補正データ位相遅れ演算部（位相遅れ演算手段）
- 26 b 補正データ演算部（位相補償手段）
- 31 合成器

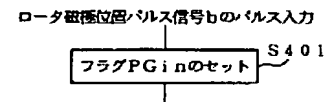
【図1】



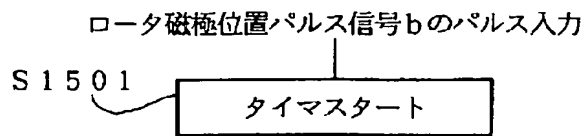
【図7】



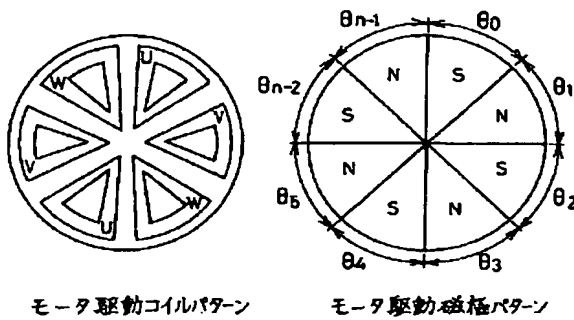
【図4】



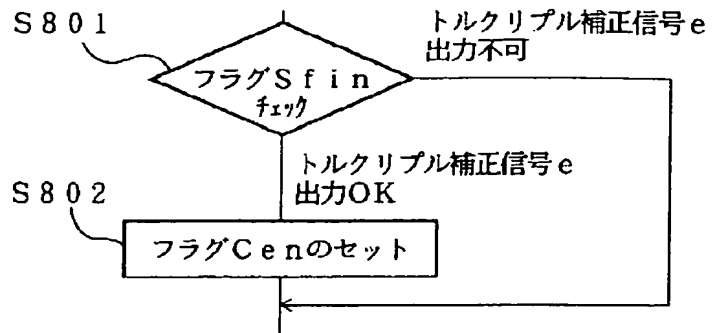
【図15】



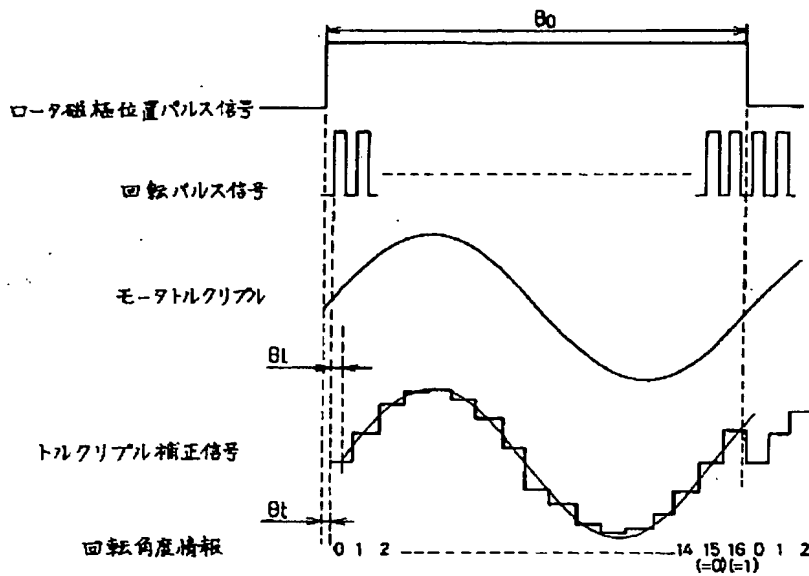
【図2】



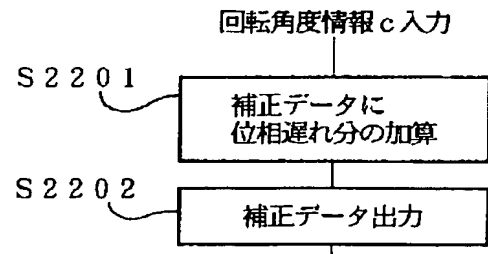
【図8】



【図3】



【図22】



【図9】

アドレス	0	1	2	3	-----	l <sub>0</sub> -1
M(l <sub>0</sub> )	D <sub>00</sub>	D <sub>01</sub>	D <sub>02</sub>	D <sub>03</sub>	-----	D <sub>l<sub>0</sub>-1</sub>

アドレス	0	1	2	3	-----	l <sub>1</sub> -1
M(l <sub>1</sub> )	D <sub>10</sub>	D <sub>11</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>13</sub>	-----	D <sub>l<sub>1</sub>-1</sub>

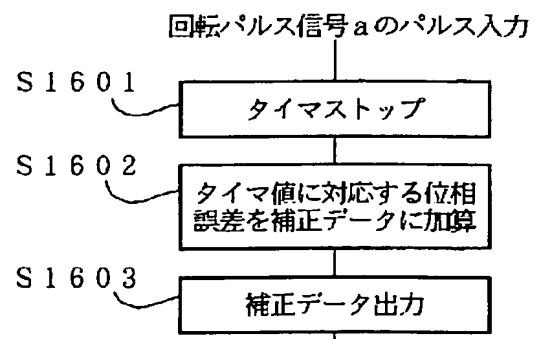
  

アドレス	0	1	2	3	-----	l <sub>2</sub> -1
M(l <sub>2</sub> )	D <sub>20</sub>	D <sub>21</sub>	D <sub>22</sub>	D <sub>23</sub>	-----	D <sub>l<sub>2</sub>-1</sub>

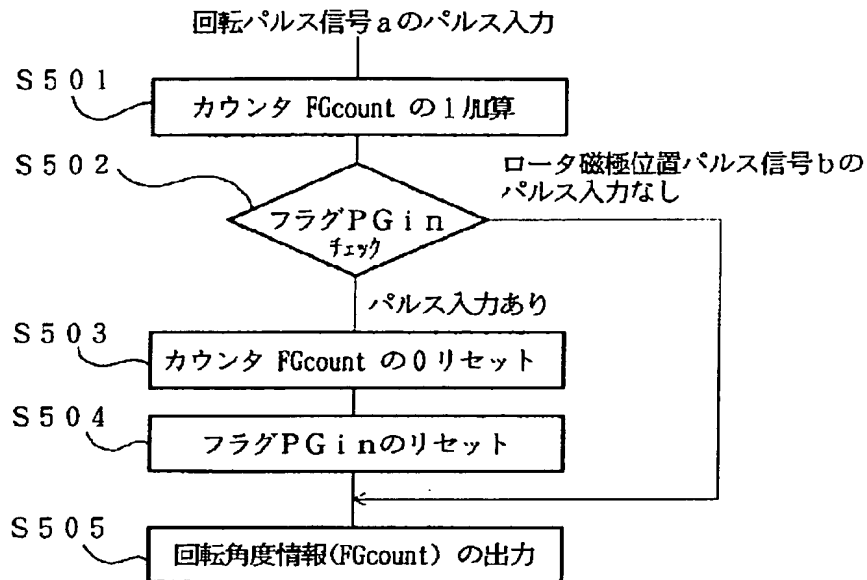
  

アドレス	0	1	2	3	-----	l <sub>k-1</sub> -1
M(l <sub>k-1</sub> )	D <sub>k0</sub>	D <sub>k1</sub>	D <sub>k2</sub>	D <sub>k3</sub>	-----	D <sub>l<sub>k-1</sub>-1</sub>

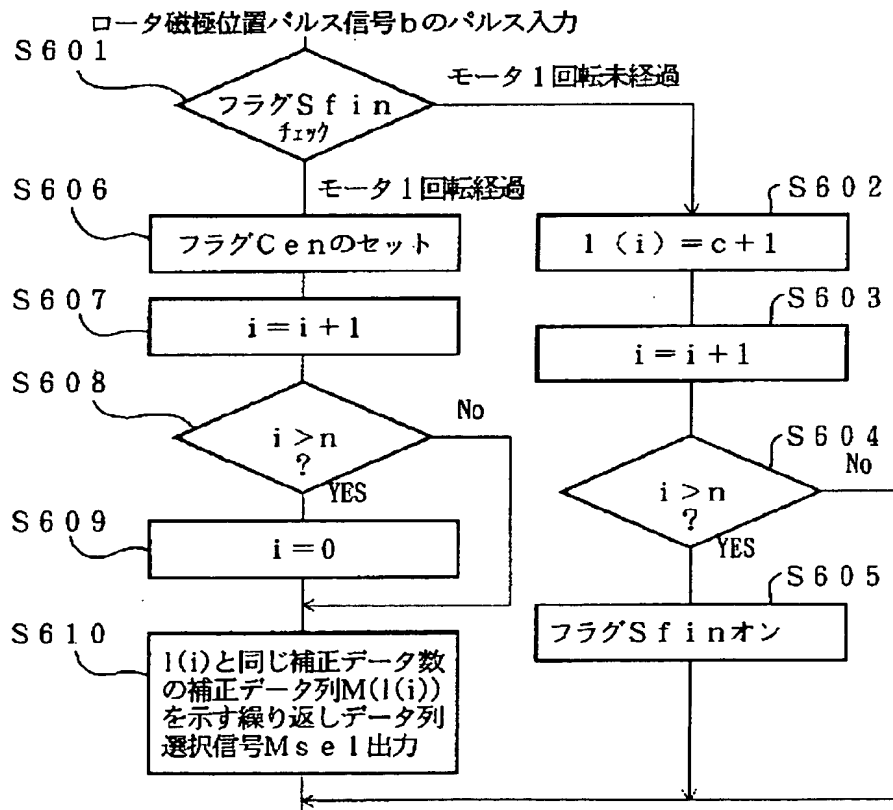
【図16】



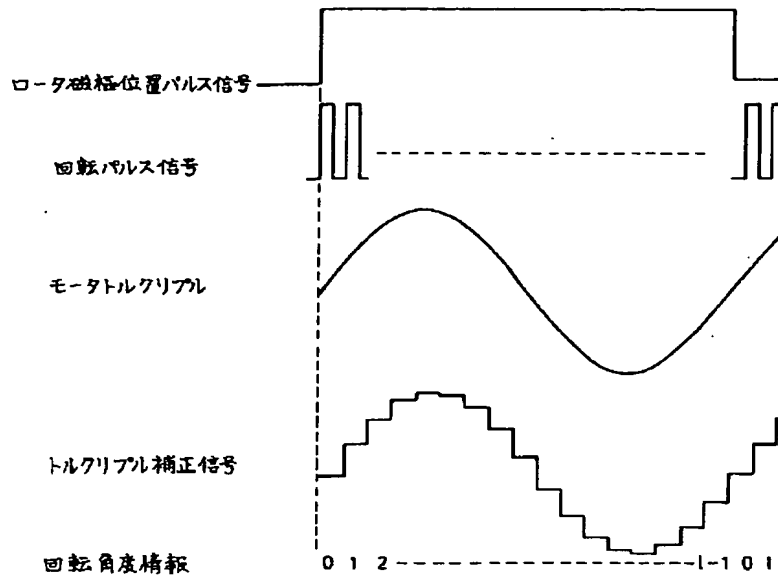
【図5】



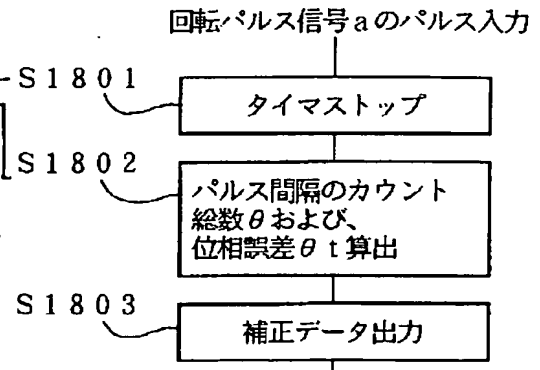
【図6】



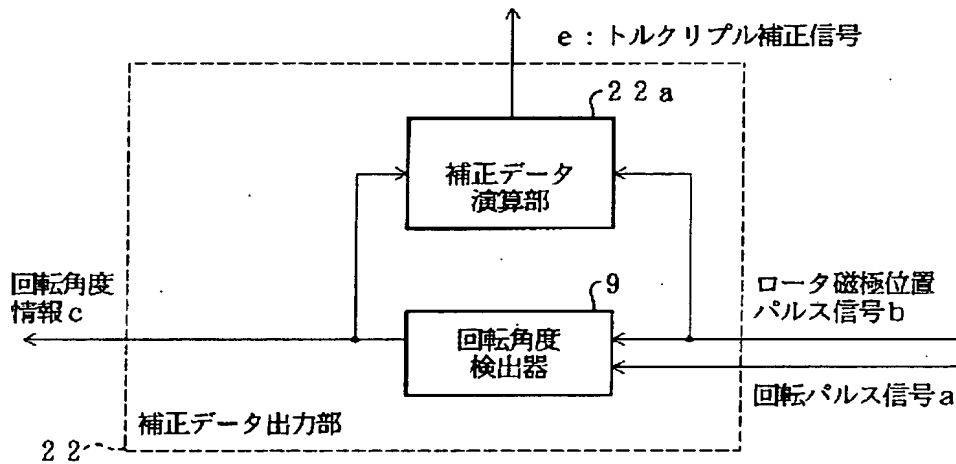
【図10】



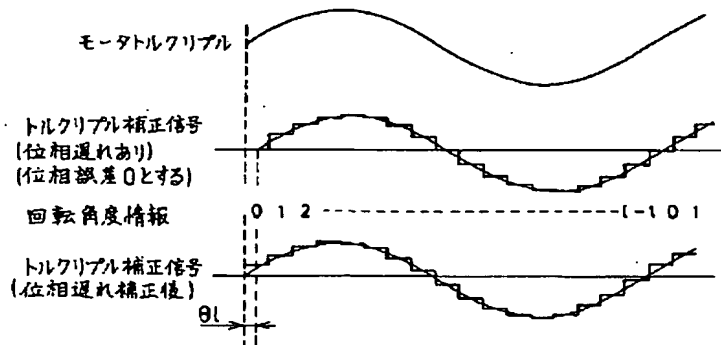
【図18】



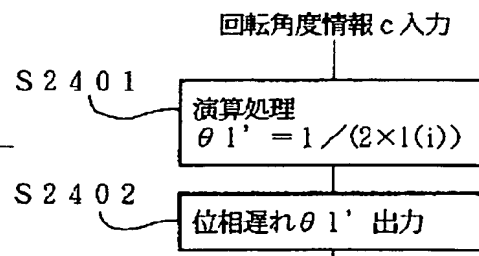
【図11】



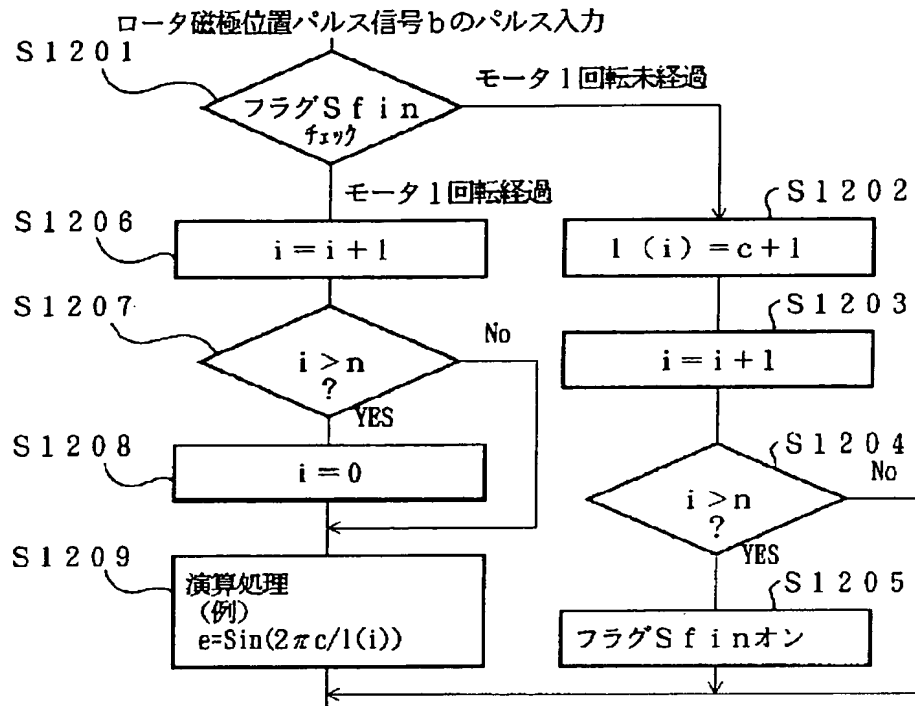
【図20】



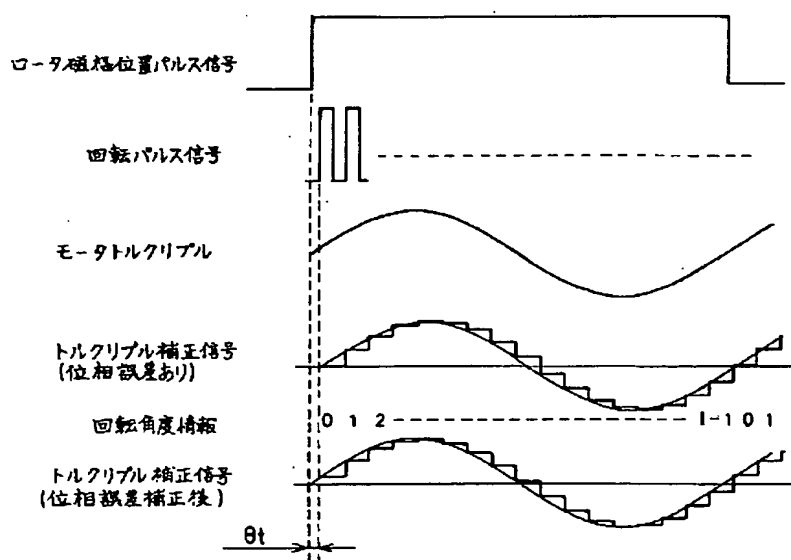
【図24】



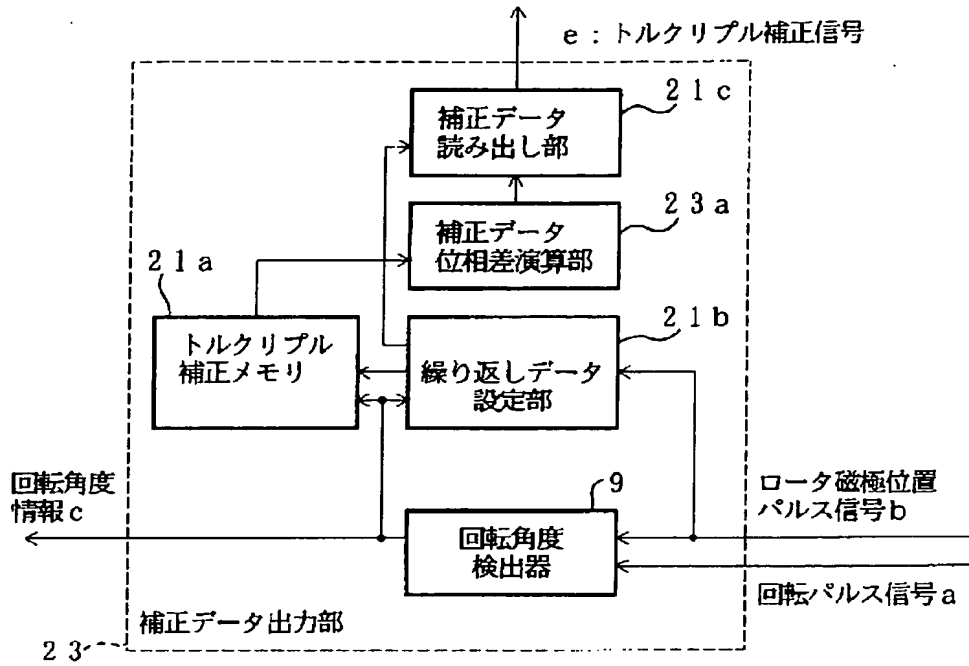
【図12】



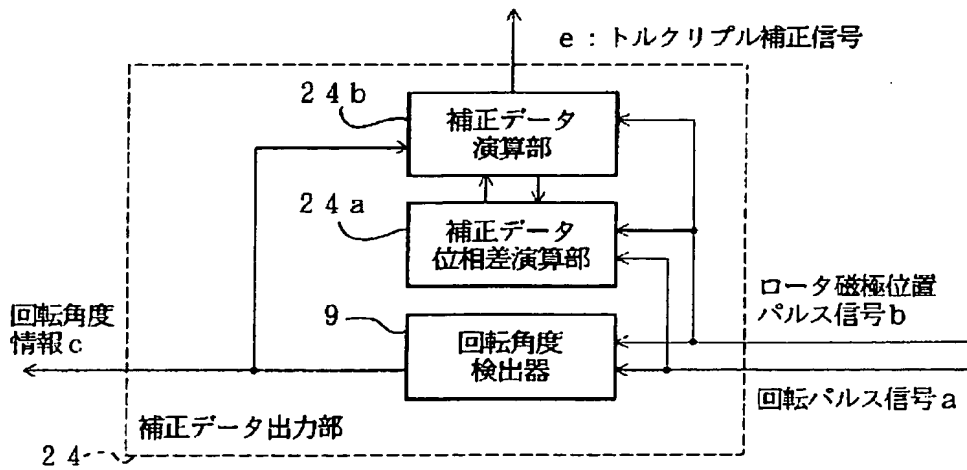
【図13】



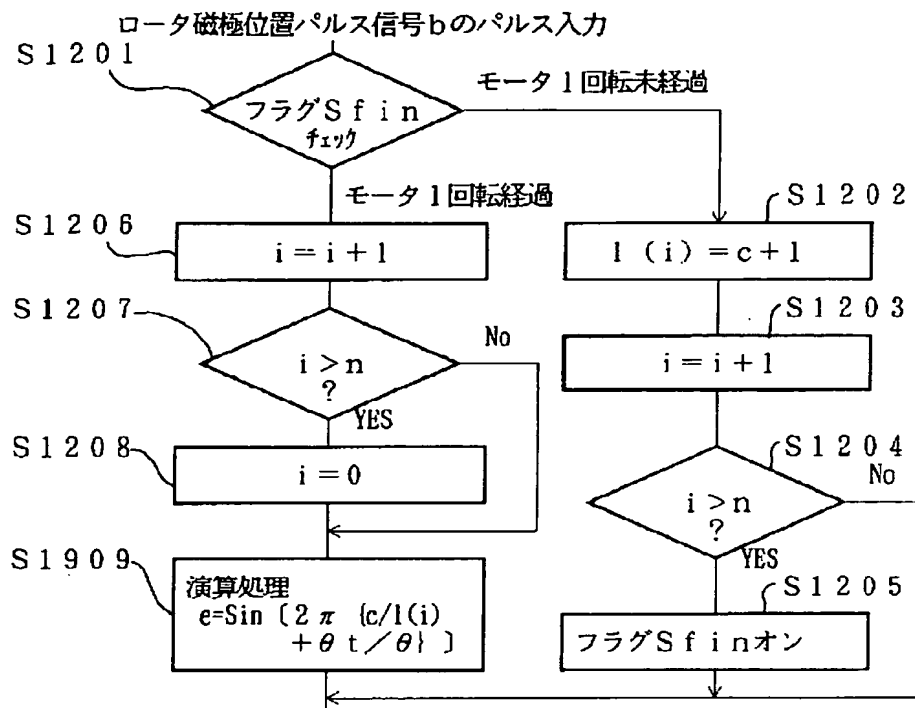
【図 14】



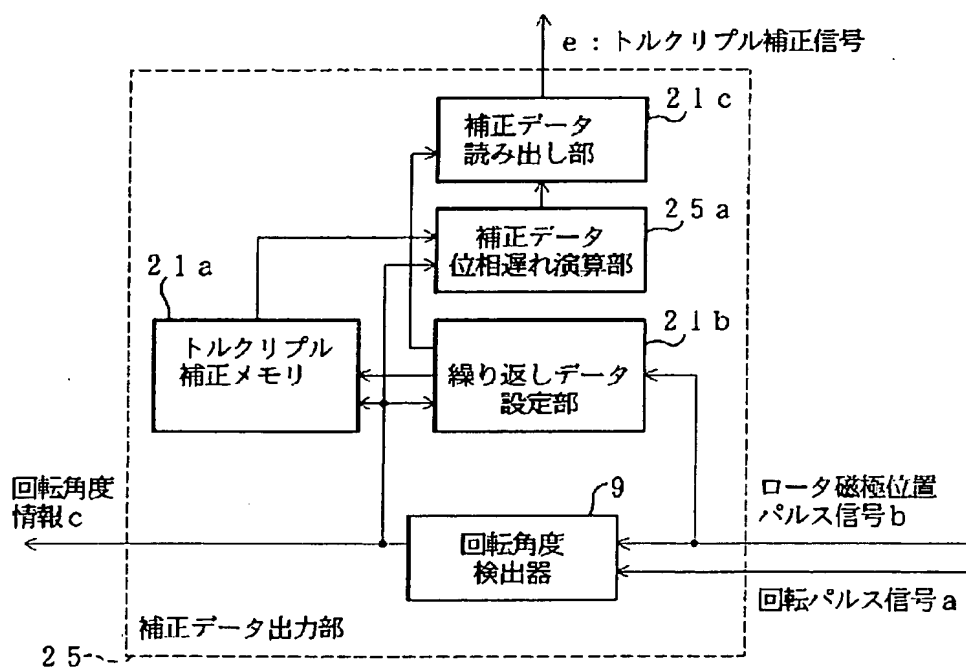
【図 17】



【図19】

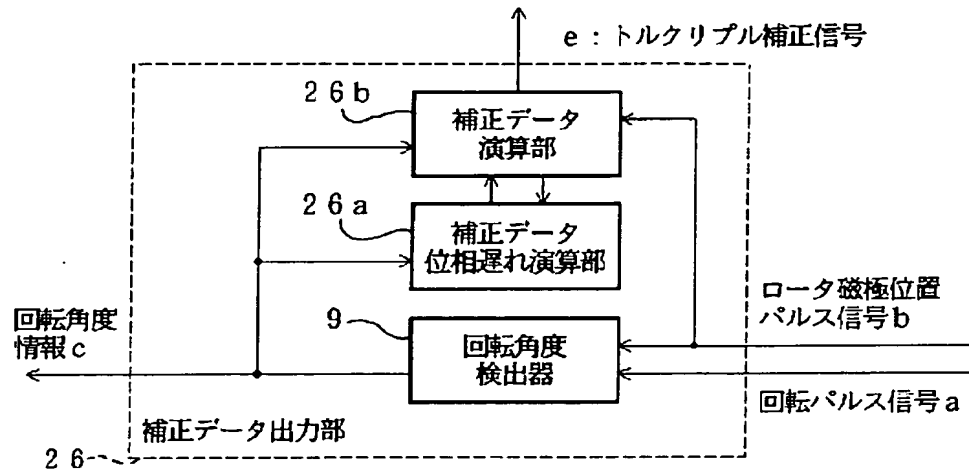


【図21】

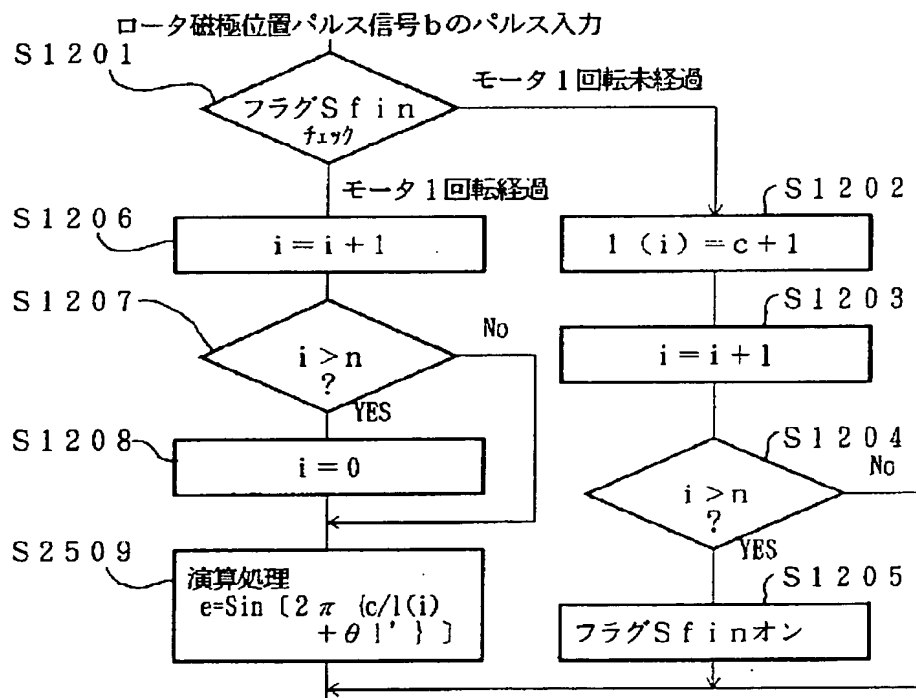




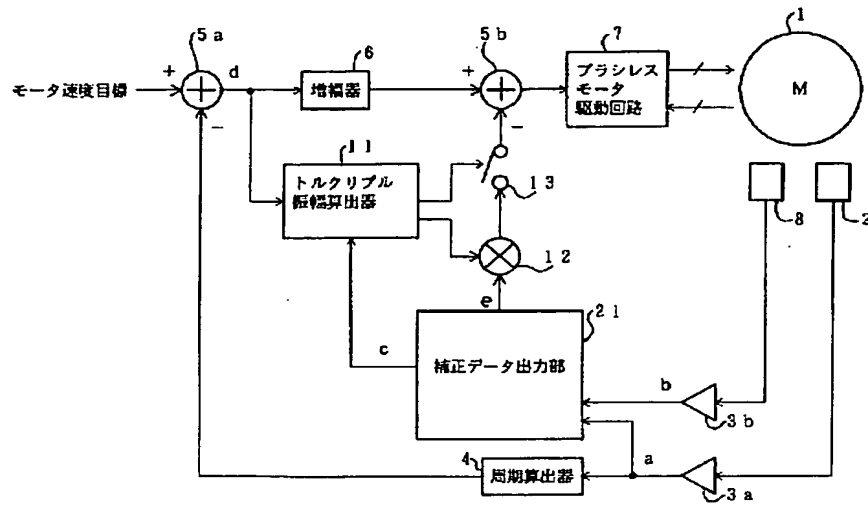
【図23】



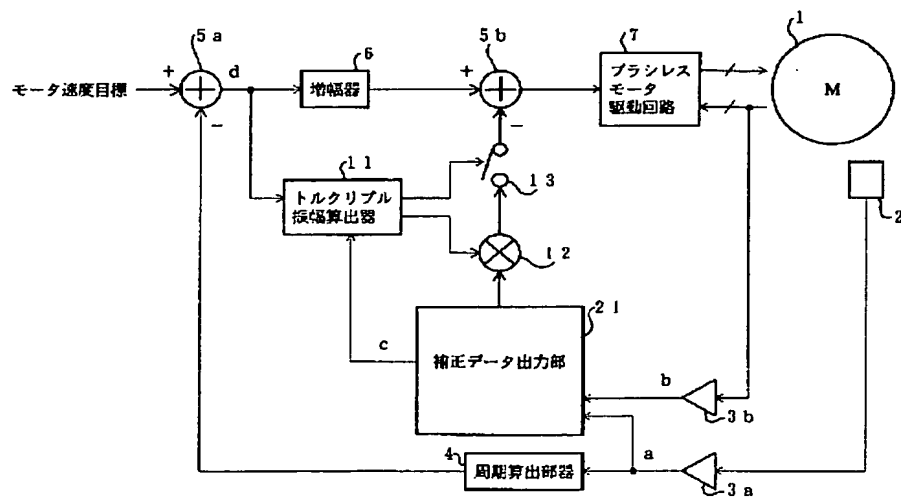
【図25】



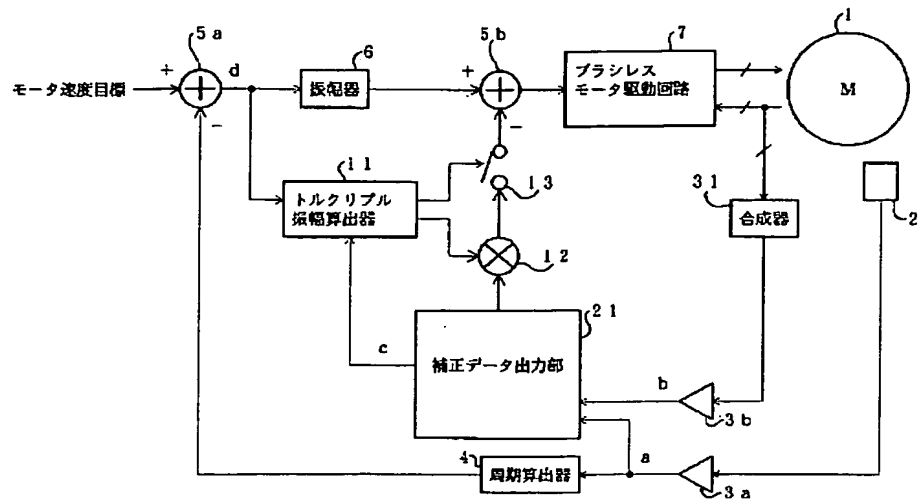
【図 26】



【図 27】



【図28】



【図29】

